

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

JOANA PAULA BISPO NASCIMENTO

**HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DE SEMENTES COMO NOVA
ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DESTINADAS À
RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES DEGRADADOS NA CAATINGA**

São Cristóvão

Sergipe – Brasil

2016

JOANA PAULA BISPO NASCIMENTO

**HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DE SEMENTES COMO NOVA
ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DESTINADAS À
RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES DEGRADADOS NA CAATINGA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado.

São Cristóvão

Sergipe – Brasil

2016

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

N244h Nascimento, Joana Paula Bispo.
Hidratação descontínua de sementes como nova alternativa para a produção de mudas destinadas à recuperação de ambientes degradados / Joana Paula Bispo Nascimento ; orientador Marcos Vinicius Meiado. – São Cristóvão, 2016.
75 f.: il.

Dissertação (mestrado em Ecologia)– Universidade Federal de Sergipe, 2016.

1. Germinação. 2. Caatinga. 3. Sementes. 4. Salinidade. I. Meiado, Marcos Vinicius, orient. II. Título.

CDU 581.6

TERMO DE APROVAÇÃO

HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DE SEMENTES COMO NOVA ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DESTINADAS À RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES DEGRADADOS NA CAATINGA

por

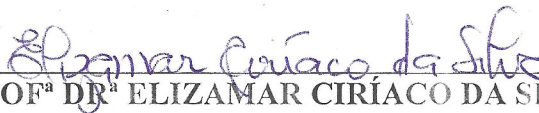
JOANA PAULA BISPO NASCIMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

APROVADA pela banca examinadora composta por



PROF. DR. MARCOS VINÍCIUS MEIADO
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade Federal de Sergipe



PROF.ª DR.ª ELIZAMAR CIRÍACO DA SILVA
Universidade Federal de Sergipe



PROF. DR. JULIANO RICARDO FABRICANTE
Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão/SE, 27 de julho de 2016

*"Podemos escolher o que semear,
mas somos obrigados a colher
aquilo que plantamos."*

(Provérbio Chinês)

*Ao meu DESorientador e amigo, Marcos
Vinicius Meiado, pela amizade, apoio e
confiança de sempre!*

Dedico

Agradecimentos

“E aprendi que se depende sempre

De tanta, muita, diferente gente

Toda pessoa sempre é as marcas

Das lições diárias de outras tantas pessoas

E é tão bonito quando a gente entende

Que a gente é tanta gente onde quer que a gente vá

E é tão bonito quando a gente sente

Que nunca está sozinho por mais que pense estar.”

[Caminhos do Coração – Gonzaguinha]

Gostaria de começar agradecendo a “toda essa gente” que confiou, torceu e me apoiou nessa pequena/grande jornada.

À minha família, em especial aos meus pais, João e Jucineide, aos meus irmãos, Millena e João Paulo e a minha sobrinha Maria Sofia, por enfrentarem comigo a distância Bahia/Pernambuco – Sergipe, me apoiando sempre, me confortando nos momentos de saudades e me incentivando a realizar todos os meus projetos! Amo vocês incondicionalmente!

Ao meu namorado, amigo e anjo da guarda, Ricardo Ramos, por continuar cuidando de mim, pelo companheirismo, pela paciência cotidiana e por tentar me entender nos momentos difíceis.

Ao meu orientador e amigo, Marcos Vinicius Meiado, ao qual dedico este trabalho, pela confiança, disponibilidade em todos os momentos e pelo exemplo de profissionalismo passado diariamente. Muito obrigada por tudo!

A todos os integrantes do LAFISE (Laboratório de Fisiologia de Sementes da Universidade Federal de Sergipe), em especial a minha amiga e companheira de trabalho, Katiane Santos, pela amizade, abrigo na sua casa, companhia nos finais de

semana e madrugadas no laboratório. Amiga, sem a sua ajuda seria impossível a realização de todo este trabalho! Gratidão!

Aos professores Elizamar Silva, Marcela Cárceres, Ana Paula Prata e Juliano Fabricante que aceitaram compor minha banca de qualificação e de defesa, pelas sugestões e análises significativas, as quais tentarei atender na versão definitiva do texto.

Aos professores, funcionários e colegas do Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação (PPEC/UFS), em especial a secretária Juliana Cordeiro, pela prontidão em me socorrer nos momentos de dúvidas e perrengues e as minhas amigas e colegas de turma, Rafaella Santana e Camila Matos que sempre estiveram ao meu lado me dando força e facilitando minha estada em Aracaju! Muito obrigada, xuxuas!

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento do projeto “Memória hídrica de sementes como nova alternativa para a restauração de ambientes degradados na Caatinga” (MCTI/CNPQ/Universal 14/2014) que custeou grande parte dos experimentos dessa dissertação.

Por fim, gostaria de agradecer ao NEMA/UNIVASF (Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco) e ao POVASF (Plantas Ornamentais do Vale do São Francisco/UNIVASF), nas pessoas dos professores Renato Garcia Rodrigues e Márkilla Zunete pela solicitude em disponibilizar a infraestrutura dos laboratórios para que parte deste trabalho pudesse ser realizado, além da doação de todas as sementes utilizadas nos experimentos desenvolvidos.

Com vocês divido a alegria desta experiência! Muito obrigada a todos!

Sumário

	Página
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
APRESENTAÇÃO	14
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
<i>a. Da formação da semente à germinação</i>	15
<i>b. Fatores que influenciam a germinação de sementes</i>	17
<i>c. Memória hídrica de sementes e a restauração de ambientes degradados na Caatinga</i>	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
ARTIGO (<i>Hidratação descontínua de sementes como nova alternativa para a produção de mudas destinadas à recuperação de ambientes degradados na Caatinga</i>)	26
<i>a. Resumo</i>	28
<i>b. Introdução</i>	29
<i>c. Material e Métodos</i>	32
<i>d. Resultados</i>	36
<i>e. Discussão</i>	45
<i>f. Referências Bibliográficas</i>	50

Lista de Tabelas

Tabela 1. Locais e datas de coleta de sementes de quatro espécies arbóreas da Caatinga que foram doadas pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) para a realização deste trabalho de dissertação de mestrado.....55

Tabela 2. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.....56

Tabela 3. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.....57

Tabela 4. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.....58

Tabela 5. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.....59

Lista de Figuras

Figura 1. Espécies arbóreas utilizadas no presente estudo. (A) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (B) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (C) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e (D) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae).....**60**

Figura 2. Curvas de embebição de sementes de (A) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (B) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (C) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e (D) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae).....**61**

Figura 3. Curvas de desidratação de sementes de (A) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (B) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (C) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e (D) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae). BF: biomassa fresca das sementes.....**62**

Figura 4. Porcentagem de embebição (linha preta) e de germinabilidade das sementes (barra branca) durante os ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z de (A, B e C) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (D, E e F) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (G, H e I) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobsone (J, K e L) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae).....**63**

Figura 5. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	64
Figura 6. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	65
Figura 7. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	66
Figura 8. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Pterogyne nitens</i> Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	67
Figura 9. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	68

Figura 10. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong, (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	69
Figura 11. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	70
Figura 12. Germinabilidade (%) de sementes de <i>Pterogyne nitens</i> Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	71
Figura 13. Germinabilidade (%) de sementes de (A) <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	72
Figura 14. Germinabilidade (%) de sementes <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....	73

Figura 15. Germinabilidade (%) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....74

Figura 16. Germinabilidade (%) de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.....75

Apresentação

Esta dissertação de mestrado aborda a influência da hidratação descontínua, uma técnica que visa melhorar a produção de mudas de quatro espécies nativas da Caatinga com potencial para a recuperação de áreas degradadas, quando as sementes são submetidas a estresses ambientais. Alguns tratamentos pré-germinativos vêm sendo utilizados para beneficiar a germinação e a emergência de plântulas de várias espécies nativas. Dentre esses tratamentos, os ciclos de hidratação e desidratação (HD), que ativam o processo germinativo com a absorção de água em condições controladas seguida da dessecação das sementes antes da efetiva germinação, podem ocasionar um aumento da germinabilidade e promover uma germinação mais rápida e sincronizada, além de conferir maior tolerância aos estresses ambientais.

Neste trabalho foi proposta a adequação da técnica de hidratação descontínua para espécies florestais nativas da Caatinga, avaliando-se a influência de diferentes tempos de hidratação que as sementes são submetidas nos ciclos de HD, os quais estavam relacionados às diferentes fases de embebição das sementes. Para tanto, foram construídas curvas de embebição e de desidratação para todas as espécies estudadas e, após esses procedimentos, foram determinados os ciclos de HD que representaram os tratamentos pré-germinativos aos quais as sementes foram submetidas antes de serem colocadas para germinar sob a influência dos estresses ambientais.

Esta dissertação foi escrita em forma de artigo a ser submetido ao periódico “*Restoration Ecology*”. Anteriormente ao artigo elaborado com os resultados dos experimentos realizados em laboratório, alguns conceitos e informações biológicas a respeito do tema foram abordados no tópico “*Fundamentação Teórica*”.

Fundamentação Teórica

Da formação da semente à germinação

Durante a evolução vegetal, as angiospermas garantiram a sua ocorrência e distribuição espacial graças ao surgimento do fruto. Nessas plantas, o fruto tem como principais funções a dispersão e a proteção das sementes, assegurando, assim, a propagação e a perpetuação das espécies (Gurevitch *et al.*, 2009). A principal função da semente é proteger o embrião de fatores que possam limitar a sua germinação, bem como promover a dispersão e posterior manutenção das espécies no seu ambiente natural (UCB, 2007).

No processo de formação, o embrião das angiospermas passa por três fases de diferenciação morfológica que irão proporcionar o desenvolvimento das sementes: (1) histodiferenciação ou embriogênese, (2) maturação e (3) dessecação (Bewley & Black, 1994; Castro *et al.*, 2004a; Cardoso, 2004). A primeira fase é caracterizada pelo processo de divisão celular e formação de tecidos que irão compor o embrião e o endosperma. Logo após, na maturação, há um aumento da semente decorrente de uma expansão celular resultante da captação de água e alocação de substâncias para os tecidos de reserva. Ao final dessa fase, diz-se que a semente alcançou a maturidade fisiológica, ou seja, adquiriu a sua capacidade de germinar. Porém, essa germinação é inibida pela produção de ácido abscísico, um hormônio que impede as alterações bioquímicas e fisiológicas necessárias para que a germinação ocorra (Bewley & Black, 1994; Castro *et al.*, 2004a; Cardoso, 2004). Na terceira fase, a dessecação, após a semente alcançar a capacidade de germinar, ocorre a ruptura das suas conexões vasculares com a planta mãe e a semente passa, então, por um processo de desidratação.

Nessa fase, em geral, a semente atinge o ponto considerado ótimo para colheita, armazenamento e dispersão, pois, com o declínio hídrico, o seu metabolismo é reduzido, aumentando a viabilidade da semente por um período de tempo maior (Bewley & Black, 1994; Cardoso, 2008). As sementes que passam pelas três fases do desenvolvimento são chamadas de sementes ortodoxas e são liberadas no solo com um baixo teor de umidade, podendo permanecer viáveis no ambiente por um longo período de tempo. Porém, algumas espécies produzem sementes que não suportam a fase de dessecação e são liberadas no solo com um alto teor de umidade. Em consequência disso, essas sementes, chamadas de recalcitrantes, permanecem viáveis no solo por um período muito curto, germinando logo que são dispersas, se encontrarem as condições ideais para a germinação (Cardoso, 2008; Castro *et al.*, 2004a; Barbedo *et al.*, 2013).

Após a dispersão, para que a germinação ocorra é necessário que aconteça a embebição, um evento físico de entrada de água nas sementes para que ocorra a reidratação dos tecidos e a reativação do metabolismo celular. Em geral, a embebição possui um sistema trifásico bem característico de absorção de água e hidratação (Bewley & Black, 1994). A fase inicial de embebição, ou fase I, é onde ocorre a absorção de água movida pelo gradiente de potencial hídrico entre a semente e o ambiente. Em geral, essa fase é rápida e caracterizada por um processo físico que depende somente da ligação da molécula de água à matriz da semente, onde há a entrada de água até que um limite platô seja atingido e se inicie a segunda fase da embebição ou fase de preparação e ativação do metabolismo. Nessa fase II não há mais absorção de água ou essa absorção é muito reduzida, pois as células das sementes não podem mais se expandir. Aqui são ativados processos metabólicos necessários para o crescimento do embrião e conclusão do processo germinativo, que culmina com a protrusão da radícula

e a emergência da plântula, ou seja, ocorre a germinação propriamente dita (Bewley & Black, 1994; Castro *et al.*, 2004b).

Na última fase, ou fase III, há novamente a absorção de água devido ao alongamento embrionário e protrusão radicular e as sementes perdem a sua tolerância a desidratação, o que torna a água indispensável para a etapa final de germinação das sementes e durante toda a fase de desenvolvimento da plântula. O final da embebição é um dos estádios mais críticos no ciclo de vida de uma planta, visto que as plântulas são altamente vulneráveis aos estresses ambientais (Castro *et al.*, 2004b). Assim, o termo germinação refere-se ao conjunto de processos bioquímicos e fisiológicos associados à fase inicial do desenvolvimento da plântula, até o seu estabelecimento.

Fatores que influenciam a germinação de sementes

Após a dispersão das sementes, alguns fatores, coletivamente chamados de fatores ambientais ou extrínsecos de pós-dispersão, podem afetar a germinação e, dentre estes, os fatores abióticos como a disponibilidade hídrica, a salinidade, a luz, o oxigênio e outros gases, bem como a temperatura influenciam direta ou indiretamente os fenômenos responsáveis pela germinação das sementes (Bewley & Black, 1994). Ainda não existe uma regra geral da influência desses fatores na germinação de sementes de espécies nativas. Dessa maneira, as espécies podem responder de forma diferente a cada um desses fatores, principalmente quando esses agem em conjunto, no ambiente (Araújo *et al.*, 2006).

Como já visto, a água é o elemento que mais influencia o processo de germinação de sementes, pois ela é responsável pela reidratação dos tecidos e pela retomada das atividades metabólicas do embrião, além de provocar o rompimento do tegumento e facilitar a protrusão da radícula e de outras estruturas do interior da

semente (Araújo *et al.*, 2006). Porém, as sementes respondem diferentemente à quantidade de água no substrato. O excesso ou a carência de água pode tanto promover quanto inibir a germinação (Cardoso, 2008). Em alguns casos, como nas plantas da Caatinga, a entrada da água na semente é dificultada pela presença de um tegumento espesso e impermeável que protege o embrião. Esse mecanismo inibidor, denominado dormência física ou tegumentar, é o tipo de dormência de sementes mais estudado no ecossistema Caatinga e se caracteriza por impedir que a semente passe pelo processo de embebição e, conseqüentemente, complete o processo germinativo (Meiado *et al.*, 2012). Quando as sementes exibem essa característica, se faz necessária a aplicação de tratamentos específicos que superam a dormência e induzem a germinação. Dentre os tratamentos utilizados na superação da dormência, as escarificações mecânica, física e química são as mais usuais (Barbosa, 2003; Araújo *et al.*, 2006; Meiado *et al.*, 2012).

Na Caatinga, a germinação das sementes é observada nos períodos de maior disponibilidade de água no solo, ou seja, na estação chuvosa, que varia de três a quatro meses (Barbosa, 2003; Meiado *et al.*, 2012). Essa germinação, que ocorre dentro de um menor intervalo de tempo quando comparada com outros ecossistemas, é vantajosa, pois, permite que as sementes, além de dispor de água necessária à germinação, escapem dos predadores e ofereçam maiores chances de sobrevivência para as plântulas. Tal escape é observado nesse período, pois existe, nessa estação, uma maior disponibilidade de recurso vegetal para alimentar os herbívoros e predadores de sementes que são encontrados no ecossistema (Barbosa, 2003; Meiado *et al.*, 2012).

Outro fator importante que determina a germinação das sementes é a temperatura. A germinação de sementes não dormentes acontece dentro de uma faixa de temperatura chamada temperaturas cardeais, ou seja, a temperatura máxima, mínima e ótima em que uma semente pode germinar. A temperatura ótima é considerada a

temperatura ideal para que a espécie germine, pois nela resulta o maior número de sementes germinadas em um menor espaço de tempo, ou seja, é a temperatura onde há a maior germinabilidade e velocidade de germinação (Cardoso, 2008). A faixa de temperatura ideal pode estar relacionada ao local de ocorrência da espécie, período de dispersão e estratégias de germinação das plantas (Borges & Rena, 1993; Meiado *et al.*, 2016). Na Caatinga, muitas espécies possuem germinação ótima variando de 30 a 35°C, demonstrando que essas plantas possuem uma tolerância maior a temperaturas elevadas quando comparadas às espécies de áreas mais úmidas (Barbosa, 1980; Prazeres, 1982; Cabral *et al.*, 2003; Meiado *et al.*, 2010; 2012; 2016).

Além da disponibilidade hídrica e da temperatura, o excesso de sais presentes no solo também pode influenciar a germinação, pois uma grande quantidade de solutos pode inibir a entrada de água na semente, alterando a sua resposta germinativa (Cavalcante & Perez, 1995). Em ecossistemas semiáridos, a evaporação sobrepõe a precipitação e os solos presentes nessas áreas, geralmente, apresentam-se salinizados. Segundo Cavalcante & Perez (1995), cerca de um terço da superfície terrestre é árida ou semiárida e estima-se que grande parte desses ambientes são afetados pela salinidade, sendo necessários mais estudos que identifiquem espécies tolerantes e que sobrevivam em regiões secas e salinizadas.

Memória hídrica de sementes e a restauração de ambientes degradados na Caatinga

As áreas de Caatinga são caracterizadas pela escassez e irregularidade das chuvas e altas temperaturas durante boa parte do ano, com uma vegetação que apresenta florística e fisionomia própria (Queiroz *et al.*, 2006; Queiroz, 2009). A vegetação desse ecossistema é condicionada pela topografia e pela baixa precipitação pluvial combinada com as características edáficas do ambiente (Sampaio, 1995; Prado, 2003) e, de forma

geral, apresenta adaptações fisiológicas que a permite se desenvolver em condições de déficit hídrico no solo durante boa parte do seu ciclo de vida. O conhecimento dos mecanismos fisiológicos de tolerância à seca nas diferentes fases do desenvolvimento vegetal é de grande valor para o entendimento de como essas espécies conseguem germinar, se estabelecer e sobreviver neste ambiente, permitindo a sua permanência em condições tão desfavoráveis por grande parte do ano (Trovão *et al.*, 2007).

Muitas espécies que ocorrem em ecossistemas áridos e semiáridos, como na Caatinga, produzem e dispersam sementes que germinam nas camadas mais superficiais do solo (Kigel, 1995). Para iniciar o processo germinativo, as sementes precisam absorver água para reidratar seus tecidos que desidrataram durante a produção das sementes (Baskin & Baskin, 2014). Estas sementes têm água disponível para embebição por um curto período, pois a evaporação da água do solo ocorre mais rapidamente nestas camadas mais superficiais (Kigel, 1995). Esse evento de reidratação, que proporcionará a germinação das sementes, pode, então, ser interrompido pela ausência de água no solo e, quando isso ocorre, as sementes interrompem o processo germinativo e começam a perder a água absorvida para o solo seco. Este evento de ganho e perda de água ocorre naturalmente com maior frequência nas regiões áridas e semiáridas do planeta, pois, mesmo no período da estação chuvosa, estas regiões tendem a apresentar uma limitação espaço-temporal na disponibilidade de água no solo (Kigel, 1995).

A embebição das sementes nesses ecossistemas pode não ser contínua, ocorrendo ciclos de hidratação e desidratação (HD) (Dubrovsky, 1998). De acordo com Dubrovsky (1996; 1998), a hidratação descontínua proporciona às sementes um elevado índice de sobrevivência durante a dessecação, demonstrando que estas podem apresentar uma memória hídrica, ocasionada pelo processo de embebição, o qual preserva as características resultantes da hidratação prévia e ativa alguns genes

específicos da planta relacionados à tolerância aos estresses ambientais. Sendo assim, as sementes que passam por uma hidratação descontínua germinam mais rapidamente após a reidratação e apresentam uma germinação mais sincronizada (Dubrovsky, 1996; Rito *et al.*, 2009; Meiado, 2013).

Além da germinação das sementes, outras fases do ciclo de vida das plantas que apresentam essa memória hídrica podem ser favorecidas pela hidratação descontínua como, por exemplo, o recrutamento e desenvolvimento das plântulas, que podem ser mais vigorosas e apresentar um maior crescimento quando as sementes são submetidas a ciclos de HD (Meiado, 2013). Desta forma, a memória hídrica parece estar intimamente relacionada ao sucesso reprodutivo de espécies que produzem sementes em ambientes áridos e semiáridos, como a Caatinga, e pode representar uma ferramenta importante para a produção de mudas mais tolerantes às condições ambientais, as quais poderão ser utilizadas com maior sucesso na restauração de ambientes degradados.

O conhecimento dos mecanismos naturais que ativam e controlam a tolerância à seca que são desenvolvidos pelas plantas durante a fase de germinação pode servir de subsídio para o desenvolvimento de melhores práticas de manejo a serem empregadas para a recuperação de áreas degradadas e programas de enriquecimento de espécies e reflorestamento da Caatinga, principalmente utilizando-se espécies nativas. Se a hidratação descontínua confere benefícios à germinação e à sobrevivência as plântulas da Caatinga (Rito *et al.*, 2009; Meiado, 2013), a confirmação da hipótese de que essa memória hídrica das sementes pode ser perpetuada no próprio indivíduo indicará novos caminhos para o desenvolvimento de novas técnicas para a produção de mudas, bem como novos conhecimentos em várias áreas da Ecofisiologia Vegetal.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, E.L. et al. Germinação e protocolos de quebra de dormência de plantas do semi-árido nordestino. In: GIULIETTI, A.M.; QUEIROZ, L.P. (Eds.). Recursos genéticos do semi-árido nordestino. Recife: Instituto de Milênio do Semi-Árido, 2006. v. 5, cap. 2, p. 73-110.
- BARBEDO, C.J.; CENTENO, D.C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Do recalcitrant seeds really exist? *Hoehnea*, São Paulo, v.40, n. 4, p. 583-593. 2013.
- BARBOSA, D.C.A. Estudos ecofisiológicos em *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan – Aspectos da germinação e crescimento. 1980. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.
- BARBOSA, D.C.A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da Caatinga com germinação rápida. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. cap. 15, p. 625-656.
- BASKIN C.C.; BASKIN J.M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 2014. 666p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seed: physiology of development and germination. New York: Plenum, 1994. 445p.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PINARODRIGUES, F.C.M. & FIGLIOLIA, M.B. (Eds.). Sementes Florestais Tropicais. Brasília: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes – ABRATES, 1993. p. 83-135.

- CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, v.17, n. 4, p. 609-617, 2003.
- CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 5, p. 95-134.
- CARDOSO, V.J.M. Germinação. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2008, cap. 17, p. 386-408.
- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004a. cap. 3, p. 69-92.
- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004b. cap. 3, p. 149-162.
- CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de *Leucaena leucocephala* (Lam.) Wit. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n. 2, p. 281-289, 1995.
- DUBROVSKY, J.G. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany*. v.83, p.624-632, 1996.
- DUBROVSKY, J.G. Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*. v.125, p.33-39, 1998.
- GUREVITCH, J.; SHEINER, S.M.; FOX, G.A. Crescimento e reprodução de indivíduos. In: GUREVITCH, J.; SHEINER, S.M. & FOX, G.A. (Eds.). *Ecologia Vegetal*. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, cap. 7, p. 155-184.

- KIGEL, J. Seed germination in arid and semiarid regions. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds). Seed development and germination. New York: Marcel Dekker, Inc, 1995, cap. 26, p. 645-699.
- MEIADO, M.V. Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. In: Stelmann, J.R.; Isaias, R.M.S.; Modolo, L.V.; Vale, F.H.A. & Salino, A. (Orgs.). *Anais do 64º Congresso Nacional de Botânica: botânica sempre viva*. Belo Horizonte, Sociedade Botânica do Brasil, 2013, p. 89-94.
- MEIADO, M.V. et al. Seed germination responses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. *Plant Species Biology*, Tokyo, v. 25, p. 120-128, 2010.
- MEIADO, M.V. et al. Diásporos da Caatinga: uma revisão. In: SIQUEIRA FILHO, J.A. (Org.). *Flora das Caatingas do Rio São Francisco – História Natural e Conservação*. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, 2012. cap. 9, p. 306-365.
- MEIADO, M.V. et al. Effects of light and temperature on seed germination of cacti of Brazilian ecosystems. *Plant Species Biology*, Tokyo, 2016.
- PRADO, D.E. As Caatingas da América do Sul. In: Leal, I.R.; Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (Eds.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: *Editora Universitária da UFPE*, 2003, p. 3-74.
- PRAZERES, S.M. Morfologia e germinação de sementes e unidades de dispersão de espécies das caatingas. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1982.
- QUEIROZ, L.P. Leguminosas da Caatinga. Feira de Santana, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.
- QUEIROZ, L.P.; CONCEIÇÃO, A.A.; GIULIETTI, A.M. Nordeste semiárido: caracterização geral e listadas fanerógamas. In: Giuletetti, A.M.; Conceição, A.A. &

Queiroz, L.P. (Eds.). Diversidade e caracterização das fanerógamas do semiárido brasileiro. Recife: *Associação de Plantas do Nordeste*.v.1, p. 15-364, 2006.

RITO, K.F. et al. As sementes de mandacaru têm memória hídrica? *Boletín de La Sociedad Latino americana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*. v.6, p. 26-31, 2009.

SAMPAIO, E.V.S.B. Over view of the Brazilian Caatinga. In: Bullock,S.H.; Mooney, H.A. & Medina, E. (Eds.). Seasonaldry tropical forests. Cambridge: *Cambridge University Press*, 1995, p. 35-63.

TROVÃO, D.M.B.M.et al. Variaçõessazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, p. 307-311, 2007.

UNIVERSIDADE CASTELO BRANCO. Organografia de fanerógamos. Rio de Janeiro: UCB, 2007.

Artigo

A ser submetido ao periódico Restoration Ecology

Hidratação descontínua de sementes como nova alternativa para a produção de mudas destinadas à recuperação de ambientes degradados na Caatinga

Joana Paula Bispo Nascimento^{1*} & Marcos Vinicius Meiado²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

² Departamento de Biociências, Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, Sergipe, Brasil.

*Autores para correspondência:

Joana Paula Bispo Nascimento

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Campus Professor José Aloísio de Campos, Universidade Federal de Sergipe. Marechal Rondon, s/n Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. CEP: 49100-000 (joanapbn@gmail.com).

Dr. Marcos Vinicius Meiado

Departamento de Biociências, Campus Professor Alberto Carvalho, Universidade Federal de Sergipe. Av. Vereador Olímpio Grande, s/n, Bloco D, Centro, Itabaiana, Sergipe, Brasil. CEP: 49037-450 (meiado@ufs.br).

Título abreviado: Hidratação descontínua de sementes da Caatinga.

Resumo

A hidratação descontínua de sementes em ambientes áridos e semiáridos, como a Caatinga, pode estar intimamente relacionada ao sucesso reprodutivo das espécies vegetais, além de representar uma ferramenta importante para a produção de mudas mais tolerantes às condições ambientais, as quais poderão ser utilizadas com maior sucesso na restauração de ambientes degradados. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar os benefícios da hidratação descontínua em quatro espécies arbóreas da Caatinga, com potenciais para a recuperação de áreas degradadas, avaliando o comportamento germinativo dessas sementes quando submetidas a estresse ambientais. Para isso, a curva de embebição das sementes das quatro espécies foi determinada e foram selecionados os tempos, X, Y e Z, aos quais correspondem à metade do tempo na fase I da embebição, $\frac{1}{4}$ do tempo da fase II e $\frac{3}{4}$ da fase II da embebição, respectivamente. As sementes foram então submetidas a 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) e, logo após esse procedimento, postas para germinar sob condições de estresses hídrico, salino e térmico. De modo geral a hidratação descontínua foi benéfica à germinação das quatro espécies estudadas quando essas foram submetidas a, pelo menos, um dos estresses ambientais. Quando submetidas ao estresse salino, os ciclos de HD influenciaram de forma positiva a germinabilidade e o tempo médio de germinação (TMG) de todas as espécies. Para o estresse hídrico, apenas a espécie *P. nitens* apresentou uma redução na germinabilidade e no TMG. Já quando foram submetidas a temperaturas extremas as espécies apresentaram um padrão de resposta germinativa diferenciado, onde as espécies *P. moniliformis* e *P. nitens* apresentaram maior tolerâncias em todas as temperaturas extremas avaliadas. Conclui-se que a passagem das sementes pela hidratação descontínua e que os ciclos de HD são benéficos para a germinação das sementes, pois conferem maior tolerância aos estresses ambientais, podendo-se afirmar que essas espécies possuem memória hídrica.

PALAVRAS- CHAVE: estresse hídrico, salino, térmico, germinação, PEG 6000, NaCl.

Introdução

Um dos principais desafios na recuperação de áreas degradadas é a utilização de sementes de alta qualidade genética, fisiológica e física que originem plântulas vigorosas que se estabeleçam de forma rápida e uniforme no campo, pois, o plantio de mudas para essa finalidade ainda é a técnica de recuperação de ambientes degradados mais utilizada nos ecossistemas brasileiros (Brancalion et al. 2015). Durante o período de emergência, as sementes são normalmente expostas às diferentes condições ambientais, sobre as quais nem sempre é possível se ter controle em campo. Assim, alguns tratamentos de sementes têm sido desenvolvidos para beneficiar a germinação e a emergência de plântulas, os quais estão relacionados ao processo de hidratação e conferem resistência à dessecação durante o processo germinativo. Dentre esses tratamentos destacam-se o condicionamento osmótico (*priming*) e o hidrocondicionamento (Dubrovsky 1996; Nascimento 2004; Peixoto et al. 2002).

O condicionamento osmótico consiste de uma hidratação controlada das sementes, suficiente para promover atividades metabólicas pré-germinativas, sem permitir a emissão da raiz primária. Para isso, as sementes são submetidas a uma pré-embebição em solução de potencial osmótico conhecido durante um intervalo de tempo e de temperatura determinados, permitindo, assim, o controle da disponibilidade hídrica (Nascimento 2004; Peixoto et al. 2002; Tonin et al. 2005). Por outro lado, no hidrocondicionamento, o controle da quantidade de água absorvida pela semente não é feito com a utilização de soluções de potenciais osmóticos diferenciados. Nesse caso, as sementes são colocadas para hidratar em água e esse controle é feito pelo tempo que a semente passa embebendo (Dubrovsky 1996; 1998).

Independentemente da técnica utilizada, a quantidade de água captada não deve permitir que as sementes ultrapassem a fase II do padrão trifásico de embebição e

atingam a fase III, que corresponde à fase da emergência da radícula. Esse status fisiológico é alcançado limitando o período de embebição e/ou a quantidade de água disponível à semente. Dessa forma, ao final desse processo de hidratação, há uma maior probabilidade de todas as sementes estarem na mesma fase da curva de embebição, sem atingir a fase de emergência da radícula. A secagem posterior age interrompendo os processos metabólicos que culminariam com a emissão da raiz primária. Porém, ao serem recolocadas em condições favoráveis à germinação, esta se daria de forma mais rápida e uniforme, pois as alterações bioquímicas e os reparos celulares inerentes ao início do processo germinativo já teriam sido iniciados na fase de hidratação prévia (Peixoto et al. 2002; Baskin & Baskin 2014).

Esse evento de ganho e perda de água ocorre naturalmente nos ambientes e com maior frequência nas regiões áridas e semiáridas do planeta, como a Caatinga, pois mesmo no período da estação chuvosa, essas regiões tendem a apresentar uma limitação espaço-temporal na disponibilidade de água no solo, ocorrendo uma hidratação descontínua das sementes, com ciclos de hidratação e desidratação (HD) (Dubrovsky 1998; Kigel 1995). De acordo com Dubrovsky (1996; 1998), a hidratação descontínua proporciona às sementes um elevado índice de germinação mesmo após a dessecação, demonstrando que estas podem apresentar uma “memória hídrica”. Esse processo preserva as características resultantes da hidratação prévia e ativa genes específicos da planta relacionados à tolerância aos estresses ambientais (Dubrovsky 1996; 1998).

A resposta das sementes ao condicionamento osmótico ou hídrico é influenciada por alguns fatores como o lote, a velocidade de absorção de água, a temperatura, o grau de deterioração, o material ou o procedimento utilizado e o método de secagem e armazenamento após o tratamento (Peixoto et al. 2002). O uso de tratamentos pré-germinativos, como os ciclos de HD, possibilita a obtenção de uma maior porcentagem,

velocidade e uniformidade de germinação, além de uma maior resistência das sementes às condições adversas, como a baixa disponibilidade de água, níveis elevados de salinidade e temperaturas sub e supra ótimas (Dubrovsky 1996; 1998; Jeller & Perez 2003; Peixoto et al. 2002). Sendo assim, as sementes que passam por uma hidratação descontínua germinam mais rapidamente após a reidratação e apresentam uma germinação mais sincronizada (Dubrovsky 1996; Rito et al. 2009; Meiado 2013). Diante desse pressuposto, a hipótese de que a hidratação descontínua ocasionará maior tolerância aos fatores ambientais, proporcionando uma (i) maior germinabilidade e (ii) uma redução no tempo médio germinação (TMG) quando as sementes forem submetidas aos estresses hídrico, salino e térmico, foi proposta para este trabalho.

O efeito benéfico do condicionamento osmótico sobre o desempenho de sementes de hortaliças e outras culturas está bem documentado na literatura (*i.e.*, Biruel et al. 2007; Jeller & Perez 2003; Masetto et al. 2013; Mendonça et al. 2005; Tonin et al. 2005). Porém, o uso dessa técnica para espécies florestais e nativas é muito limitado, sendo necessária a realização de estudos que ampliem a germinabilidade dessas sementes, sob condições adversas, vindo a contribuir em programas de recuperação de áreas degradadas e reflorestamento de matas nativas (Meiado 2013). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a ocorrência de memória hídrica em quatro espécies arbóreas nativas da Caatinga com potenciais para a recuperação de áreas degradadas, investigando os efeitos benéficos que a hidratação descontínua pode proporcionar à germinação das sementes dessas espécies quando submetidas a estresses ambientais.

Material e Métodos

Espécies estudadas

Para a realização deste trabalho foram selecionadas quatro espécies arbóreas da família Fabaceae com ampla distribuição na Caatinga: (1) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (2) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (3) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e (4) *Pterogyne nitens* Tul (Fig. 1). A espécie *A. colubrina* var. *cebil* é uma planta comumente encontrada na Caatinga, em altitudes que variam de 300 a 800 metros, sendo dominante em muitas áreas de Caatinga arbórea. A árvore é popularmente conhecida como angico, possui de 7 a 15 metros de altura, dispersão do tipo autocórica (barocoria) e está no grupo ecológico de plantas oportunistas, sendo uma espécie decídua, heliófita e que apresenta crescimento rápido e tolerância a solos arenosos e rasos, além de poder ser utilizada na recomposição de matas ciliares. Sua floração ocorre entre os meses de outubro e novembro e a frutificação de novembro a abril. (Queiroz 2009; Rabbani 2013). Por sua vez, *E. contortisiliquum* é uma árvore de cerca de 15 metros de altura, distribuída por vários estados do Brasil e conhecida popularmente por tamboril ou orelha-de-negro. É uma espécie decídua, heliófita e pioneira que ocorre em muitos tipos de solo, tanto nos de baixa como nos de alta fertilidade. A dispersão da espécie é diplocórica (barocórica e zoocórica) e as sementes são predadas por vários insetos. Sua floração e frutificação ocorrem entre os meses de julho a outubro e agosto a novembro, respectivamente e a espécie é indicada para reflorestamentos em áreas degradadas e de preservação permanente, em plantios mistos, devido ao seu rápido crescimento (Lima 2013). Já *P. moniliformis*, é uma espécie pioneira, conhecida popularmente como angico-de-bezerro, é uma árvore de 4 a 8 metros de altura com ampla distribuição no Nordeste do Brasil, ocorrendo principalmente associada a solos pobres e arenosos de

ambientes semiáridos. Sua floração ocorre entre os meses de dezembro e março e a frutificação ao longo de todo ano. Devido às características melíferas dessa espécie recomenda-se o seu plantio em áreas de criação e conservação de abelhas nativas, além de poder ser usada em programas de recuperação de áreas degradadas devido ao seu crescimento rápido (Queiroz 2009; Tenreiro 2013). Por fim, *P. nitens* ocorre principalmente em florestas secas da região Nordeste do Brasil e é popularmente conhecida como amendoim-bravo. É uma árvore de 5 a 15 metros de altura e relativamente comum em base de serras e mais conspícua em matas ciliares da Caatinga. Sua floração ocorre de novembro a abril e a frutificação de dezembro a agosto (Queiroz 2009).

Essas espécies foram selecionadas para o desenvolvimento deste trabalho por apresentarem uma germinação rápida e sincronizada, após quebra de dormência e quando submetidas às condições favoráveis para a germinação, comportamento observado na maioria das espécies que produzem sementes na Caatinga e que pode estar relacionado à memória hídrica em sementes (Meiado et al. 2012; Meiado 2013). Além disso, todas as espécies selecionadas são consideradas espécies pioneiras ou secundárias iniciais e ainda possuem características de espécies que podem ser utilizadas em programas de reflorestamento de áreas degradadas da Caatinga (Queiroz 2009; Lima 2013; Rabbani 2013; Tenreiro 2013).

Todas as sementes foram coletadas em áreas de Caatinga da região Nordeste do Brasil (Tabela 1). Os lotes de sementes foram doados pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Esta dissertação de mestrado está vinculada ao Projeto Universal “*Memória hídrica de sementes como nova alternativa para a restauração de ambientes degradados na Caatinga*” (MCTI/CNPQ/Universal 14/2014).

Curvas de embebição e de desidratação e ciclos de hidratação e desidratação

Inicialmente, as sementes das espécies *E. contortisiliquum*, *P. moniliformis* e *P. nitens* foram submetidas aos tratamentos para superação de dormência com imersão em ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, por 60, 40 e 5 minutos, respectivamente. Logo depois, para determinar a curva de embebição das espécies estudadas foram selecionadas 100 sementes de cada espécie, divididas em quatro repetições de 25 sementes que tiveram o seu peso inicial aferido e, logo depois, foram colocadas para embeber em placas de Petri de 15 cm de diâmetro forradas com dupla camada de papel filtro umedecido com 15 mL de água destilada. As placas foram mantidas em câmaras de germinação do tipo B.O.D., em temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 h, sendo as sementes pesadas em intervalos de 60 minutos até a finalização das três fases de embebição. As sementes foram secas com papel absorvente antes de cada pesagem e, logo após a pesagem, foram recolocadas em água destilada. A embebição foi estimada através da variação da biomassa das sementes nos diferentes intervalos avaliados.

Após o estabelecimento da curva de embebição foram selecionados três pontos na curva, os quais foram denominados de X, Y e Z, onde X correspondeu à ½ do tempo da fase I da embebição, Y a ¼ do tempo da fase II e Z a ¾ da fase II da embebição. Esses intervalos representam os períodos de hidratação.

Para a determinação da curva de desidratação, as sementes de cada espécie foram previamente hidratadas nos seus respectivos tempos Z e colocadas para secar em bandejas plásticas contendo papel absorvente. Para essas análises também foram selecionadas 100 sementes de cada espécie, divididas em quatro repetições de 25 sementes que tiveram o seu peso hidratado aferido e, posteriormente, foram mantidas em estufa com circulação forçada de ar, a 25°C, com pesagens regulares em intervalos

de 60 minutos. O período de desidratação das sementes de cada espécie foi determinado de acordo com o tempo necessário para a semente retornar à sua biomassa inicial.

Para cada um dos três tempos de hidratação selecionados para cada espécie (tempos X, Y e Z), as sementes das quatro espécies estudadas foram submetidas a 0, 1, 2 e 3 ciclos de HD, com períodos de desidratação semelhante para todos os ciclos.

Tolerância aos estresses hídrico, salino e térmico durante a germinação

Para simular os estresses hídrico e salino na germinação das sementes que passaram pelos ciclos de hidratação e secagem foram utilizadas as soluções comerciais de polietileno glicol (PEG 6000) (Villela et al. 1991) e de cloreto de sódio PA (Braccini et al. 1996), respectivamente. O experimento foi realizado avaliando-se cinco potenciais osmóticos [0,0 (água destilada), -0,1; -0,3; -0,6; -0,9 MPa], para cada espécie estudada, com quatro repetições para cada tratamento hídrico ou salino. Os potenciais osmóticos foram calculados de acordo com Villela et al. (1991) e Braccini et al. (1996) e mensurados com um osmômetro (Mark 3 – Osmometer, Fiske Associates, Norwood, USA) no início do experimento. A germinação foi avaliada diariamente, por um período de 30 dias, e o critério para se considerar as sementes germinadas foi a protrusão radicular (Meiado et al. 2010).

Para avaliar o efeito das temperaturas na germinação das espécies estudadas, as sementes foram colocadas para germinar sob fotoperíodo de 12 h e em quatro tratamentos de temperatura constante e extremas (10, 15, 35 e 40°C). Para cada tratamento foram utilizadas 100 sementes de cada espécie, distribuídas em quatro repetições de 25 sementes (Meiado et al. 2010, 2016).

Parâmetros de germinação e análises estatísticas

Todos os parâmetros de germinação do presente trabalho foram calculados utilizando-se o software GerminaQuant 1.0 (Marques et al. 2015), onde, ao término das observações, foram calculados a germinabilidade (%) (transformada em arco seno %) e o tempo médio de germinação [$TMG = \sum ni.ti / \sum ni$, onde ti é o período desde o início do experimento até a i -ésima observação (dias) e ni é o número de sementes germinadas no tempo i (não o número acumulado, mas o correspondente à i -ésima observação)].

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com três fatores (tempo de hidratação, ciclos de hidratação/desidratação e tratamentos de estresse hídrico, salino ou térmico) e as médias foram comparadas *a posteriori* pelo teste de Tukey (Ranal & Santana 2006). A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram avaliadas através dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente (Zar 1999) e todas as análises estatísticas foram realizadas no programa STATISTICA 13.0, com índice de significância igual a 0,05 (Stat Soft 2016).

Resultados

Curvas de embebição e de desidratação

A curva de embebição e os pontos X, Y e Z das quatro espécies estudadas apresentaram tempos diferentes (Fig. 2). Dentre todas as espécies, *A. colubrina* var. *cebil* apresentou a curva de embebição mais rápida, com cerca de 12 horas, cuja fase 1 compreendeu o intervalo de 0 a 4 horas e a fase 2, o intervalo de 4 até as 10 horas de embebição. Os pontos X, Y e Z dessa espécie foram representados por 2, 6 e 10 horas, respectivamente (Fig. 2a).

A espécie *E. contortisiliquum* apresentou uma curva de embebição de aproximadamente 24 horas, com a fase 1 se estendendo de 0 a 14 horas e a fase 2 de 12

a 24 horas. Os pontos X, Y e Z corresponderam a 7, 16,5 e 21,5 horas, respectivamente (Fig. 2b).

Já a espécie *P. moniliformis* apresentou uma das curvas de embebição mais longas, com cerca de 30 horas para completar todo o processo, onde a fase 1 compreendeu as 10 horas iniciais e a fase 2 se estendeu até 30 horas. Os pontos X, Y e Z para a espécie *P. moniliformis* foram 5, 15 e 25 horas, respectivamente (Fig. 2c).

A espécie *P. nitens*, assim como *P. moniliformis*, também apresentou uma curva de embebição de 30 horas, onde a fase 1 correspondeu as 16 primeiras horas e a fase 2 compreendeu o intervalo de 16 a 30 horas. Os pontos X, Y e Z foram 8, 20 e 26 horas, respectivamente (Fig. 2d).

Assim como o tempo de hidratação, o tempo de desidratação foi diferente para as sementes de cada espécie estudada (Fig. 3). Para as sementes de *P. moniliformis* foram necessárias 4 horas de secagem para que as sementes retornassem a sua biomassa inicial (Fig. 3c). As sementes de *P. nitens* desidrataram após um período de 6 horas (Fig. 3d). Já as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* e *E. contortisiliquum* desidrataram após 8 horas de secagem (Figs. 3a & 3b).

Ciclos de hidratação e desidratação (HD)

Ao passarem pelos ciclos de HD, algumas sementes das espécies *A. colubrina* var. *cebil*, *P. moniliformis* e *P. nitens* emitiram radícula durante o pré-tratamento, antes de serem submetidas aos estresses abióticos. Porém, mesmo após a fase de desidratação que as sementes que germinaram previamente foram submetidas durante os ciclos de HD, estas continuaram se desenvolvendo quando entraram em contato com as soluções de PEG6000, NaCl e água destilada, em diferentes temperaturas. Assim, durante o pré-tratamento, as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* apresentaram uma germinação

superior a 73 e 87% com a passagem por dois e três ciclos de HD no tempo Y (6 horas), respectivamente (Fig. 4a). Essa germinação foi ainda maior quando o tempo dos ciclos no pré-tratamento foi de 10 horas (Tempo Z), correspondendo a 80 e 92%, em dois e três ciclos, respectivamente (Fig. 4b). Por sua vez, as sementes da espécie *P. moniliformis* germinaram ao serem submetidas ao pré-tratamento de três ciclos no tempo Y (15 horas) e em todos os ciclos do tempo Z (25 horas) (Figs. 4c & 4d). Já as sementes da espécie *P. nitens* tiveram 28% das suas sementes germinadas após passarem pelo pré-tratamento de três ciclos no tempo Z (26 horas) (Fig. 4e).

Estresse hídrico

Independentemente do tempo de hidratação ou do número de ciclos de HD que as sementes foram submetidas, as sementes de *P. moniliformis* apresentaram maior tolerância ao estresse hídrico ($F = 165,1600$; $gl = 4$; $p < 0,0001$), sendo observada a germinação em todos os potenciais avaliados e uma germinabilidade superior a 50% no tratamento de -0,6 MPa, seguidas pelas sementes de *A. colubrina* var. *cebil* ($F = 1013,8800$; $gl = 4$; $p < 0,0001$) e *P. nitens* ($F = 857,3160$; $gl = 4$; $p < 0,0001$). Por sua vez, as sementes de *E. contortisiliquum* foram as menos tolerantes ao estresse hídrico dentre todas as espécies avaliadas quando estas sementes não foram submetidas a hidratação descontínua ($F = 1457,7300$; $gl = 4$; $p < 0,0001$), sendo observada uma germinabilidade inferior a 10% no tratamento de -0,3 MPa.

A hidratação descontínua influenciou de forma diferenciada as espécies estudadas. Foi possível observar três padrões de respostas germinativas diferentes quando as sementes foram submetidas aos ciclos de HD e, posteriormente, ao estresse hídrico (Figs. 5, 6, 7 & 8). A hidratação descontínua conferiu maior tolerância ao estresse hídrico a todas as espécies estudadas, com exceção da *P. nitens*, onde foi

observada uma redução significativa da germinabilidade das sementes que passaram pelos ciclos de HD ($F = 27,5100$; $gl = 3$; $p < 0,0001$; Fig. 8). Porém, as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* e *P. moniliformis* demonstraram maior tolerância ao estresse hídrico após passarem pelos ciclos de HD ($F = 616,1300$; $gl = 3$; $p < 0,0001$; Fig. 5. $F = 91,8500$; $gl = 3$; $p < 0,0001$; Fig. 7, respectivamente) quando comparadas às sementes de *E. contortisiliquum* ($F = 7,2200$; $gl = 3$; $p < 0,0001$; Fig. 6).

Os tempos de hidratação (Tempos X, Y e Z) utilizados nos ciclos proporcionaram uma resposta diferenciada às sementes submetidas ao estresse hídrico (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 145,1600$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 28,2900$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 31,3900$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 70,3000$; $gl = 2$; $p < 0,0001$). Ciclos com tempo de hidratação mais longos (Tempo Z) proporcionaram maior tolerância ao estresse hídrico em sementes de *A. colubrina* var. *cebil*, *P. moniliformis* e *E. contortisiliquum* (Figs. 5, 6 & 7), onde foi observado um aumento superior a 80% na germinabilidade de sementes de *A. colubrina* var. *cebil* e *P. moniliformis* que passaram por 3 ciclos de HD e foram submetidas ao tratamento de -0,9 MPa em comparação com as sementes que não foram submetidas a hidratação descontínua. Porém, esses ciclos com longos tempos de hidratação (Tempo Z) foram prejudiciais às sementes de *P. nitens* (Fig. 8), onde foi possível observar uma redução de cerca de 40% na germinabilidade das sementes que passaram por três ciclos de HD. Por outro lado, ciclos com tempo de hidratação mais curtos (Tempo X) não afetaram a germinabilidade das sementes de *P. nitens* submetidas ao estresse hídrico (Fig. 8), ou foram menos favoráveis que os tempos Y e Z nas demais espécies avaliadas como, por exemplo, em sementes de *A. colubrina* var. *cebil*, onde a passagem pelos ciclos de hidratação e secagem aumentou pouco mais de 20% quando as sementes foram submetidas ao tratamento de -0,9 MPa (Fig. 5).

Com o aumento do potencial hídrico das soluções de PEG6000 utilizadas para a simulação do estresse foi observada uma redução da germinabilidade das sementes de todas as espécies avaliadas que não foram submetidas à hidratação descontínua. Porém, ao passarem pelos ciclos de HD nos tempos de hidratação Y e Z, as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* submetidas ao tratamento de potencial -0,9 MPa germinaram de maneira similar ao tratamento 0,0 MPa (Tempo Y \approx 90%; Tempo Z \approx 95%). O mesmo padrão de resposta germinativa foi observado em sementes de *P. moniliformis* submetidas à hidratação descontínua em longos períodos de hidratação (Tempo Y \approx 70%; Tempo Z \approx 95%).

A redução da disponibilidade de água nas soluções de PEG6000 utilizadas para simular o estresse hídrico também proporcionou o aumento do TMG de todas as espécies avaliadas que não foram submetidas à hidratação descontínua (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 257,5300$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 495,8500$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 195,7100$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 111,3900$; $gl = 4$; $p < 0,0001$; Tabelas 2 a 5). Por outro lado, a passagem pelos ciclos de hidratação e secagem reduziu o TMG das sementes de todas as espécies avaliadas no presente estudo que foram submetidas ao estresse hídrico, com exceção da espécie *P. nitens* (Tabela 5), onde foi observado um aumento do TGM das sementes que passaram pela hidratação descontínua (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 40,3000$; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 22,8800$; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 45,9600$; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 157,7200$; $gl = 3$; $p < 0,0001$).

Os tempos de hidratação avaliados neste estudo (Tempos X, Y e Z) proporcionaram uma resposta diferenciada no TMG de todas as espécies avaliadas (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 38,9600$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 22,7000$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 268,4200$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F =$

88,7400; $gl = 2$; $p < 0,0001$). Ciclos com longos períodos de hidratação (Tempo Z) proporcionaram maior redução no TMG das sementes de *A. colubrina* var. *cebil*, *P. moniliformis* e *E. contortisiliquum*, sendo essa redução mais expressiva nos potenciais mais negativos (-0,6 e -0,9 MPa) (Tabela 2, 3 & 4). Sementes de *A. colubrina* var. *cebil* que passaram por três ciclos de HD no tempo Y e Z apresentaram uma redução no TMG de 65,3 e 64,3%, respectivamente, quando as sementes foram submetidas ao tratamento de -0,6 MPa (Tabela 2). Por sua vez, a redução do TMG das sementes de *P. moniliformis* que passaram por três ciclos de HD no tempo Z foi ainda maior ao compará-las com as sementes submetidas ao tratamento de 0,0 MPa, sendo observada uma redução de aproximadamente 75% do TMG quando essas sementes foram submetidas ao tratamento de -0,9 MPa (Tabela 4). Por outro lado, em sementes de *E. contortisiliquum*, a redução do TMG das sementes que passaram por hidratação descontínua foi maior nos tratamentos de menor concentração. Sementes dessa espécie que passaram por três ciclos no tempo Z e foram submetidas ao tratamento 0,0 e -0,1 MPa apresentaram uma redução de 60,55 e 67,18%, respectivamente (Tabela 3).

Estresse salino

Independentemente da hidratação descontínua, todas as espécies avaliadas neste estudo apresentaram maior tolerância ao estresse salino quando comparadas ao estresse hídrico (Figs. 9, 10, 11 & 12). As sementes de *A. colubrina* var. *cebil* apresentaram uma maior tolerância ao estresse salino ($F = 43,7100$; $gl = 4$; $p < 0,0001$; Fig. 9), sendo observada uma germinação superior a 60% em todos os potenciais avaliados, seguidas pelas sementes de *E. contortisiliquum* e *P. moniliformis* ($F = 29,9300$; $gl = 4$; $p < 0,0001$; Fig. 10; $F = 117,4000$; $gl = 4$; $p < 0,0001$; Fig. 11). Já as sementes de *P. nitens* se mostraram menos tolerantes ao estresse salino dentre todas as espécies avaliadas ($F =$

125,3600; gl = 4; $p < 0,0001$; Fig. 12), com germinação inferior a 50% nos tratamentos de -0,9 MPa.

Os ciclos de HD influenciaram de forma positiva a germinação das espécies estudadas, pois a hidratação descontínua conferiu uma maior tolerância ao estresse salino a todas as espécies, em pelo menos um dos três tempos avaliados (X, Y e Z). Diferentemente do que foi visto no estresse hídrico, a hidratação descontínua proporcionou uma maior tolerância das sementes de *P. nitens* ao estresse salino apenas no tempo Z, sendo observado um aumento de cerca de 20% na germinabilidade das sementes quando submetidas ao tratamento de potencial -0,9 MPa ($F = 3,2200$; gl = 8; $p < 0,0001$).

O maior tempo de hidratação avaliado nos ciclos (Tempo Z) também conferiu um aumento significativo na germinabilidade das sementes de *P. moniliformis* em todos os potenciais salinos avaliados, sendo esse aumento mais expressivo nos tratamentos de -0,6 e -0,9 MPa ($F = 133,8400$; gl = 3; $p < 0,0001$). Por outro lado, quando as sementes de *E. contortisiliquum* foram submetidas aos ciclos de hidratação e secagem no tempo Z foi observada uma redução da germinabilidade em todos os potenciais salinos avaliados ($F = 17,1200$; gl = 3; $p < 0,0001$).

Com relação ao TMG, o aumento do potencial salino proporcionou o aumento do TMG de todas as espécies avaliadas, quando essas não foram submetidas à hidratação descontínua (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 167,8700$; gl = 4; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 67,6900$; gl = 4; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 261,0000$; gl = 4; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 492,3400$; gl = 4; $p < 0,0001$; Tabelas 2 a 5). Por sua vez, a passagem das sementes pelos ciclos de HD reduziu o TMG das sementes estudadas, quando essas foram submetidas à solução salina em pelo menos um dos ciclos avaliados (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 58,6600$; gl = 3; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F =$

649,3300; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 404,1300$; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 205,6100$; $gl = 3$; $p < 0,0001$).

Os tempos de hidratação (Tempos X, Y e Z) também proporcionaram uma resposta diferenciada no TMG de todas as espécies avaliadas quando essas foram submetidas ao estresse salino (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 145,7000$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 6,4600$; $gl = 2$; $p = 0,0019$. *P. moniliformis*: $F = 159,1000$; $gl = 2$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 36,1800$; $gl = 2$; $p < 0,0001$). Para as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* os ciclos de hidratação com períodos mais curtos (Tempo X) proporcionaram maior redução no TMG das sementes (Tabela 2). As sementes de *E. contortisiliquum* e *P. moniliformis* apresentaram uma redução no TMG em todos os ciclos avaliados sendo essa redução mais expressiva nos potenciais mais negativos (-0,3, -0,6 e -0,9 MPa) (Tabela 3 & 4). As sementes de *P. nitens*, por sua vez, apresentaram redução no TMG apenas nas sementes que passaram por três ciclos de HD nos três tempos estudados, principalmente nas sementes submetidas ao tratamento de -0,9 MPa (Tabela 5).

Estresse térmico

As espécies avaliadas neste estudo apresentaram um padrão de resposta germinativa diferenciado quando as sementes foram submetidas às temperaturas extremas (Figs. 13, 14, 15 & 16). As sementes de *A. colubrina* var. *cebil* apresentaram uma germinabilidade superior a 90% em todas as temperaturas avaliadas ($F = 3,6000$; $gl = 4$; $p < 0,0071$; Fig. 13). Além disso, a hidratação descontínua não conferiu maior tolerância ao estresse térmico para as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* em nenhum dos tempos de hidratação avaliados ($F = 0,1000$; $gl = 2$; $p < 0,8832$).

As sementes de *E. contortisiliquum* apresentaram maior tolerância às baixas temperaturas (10 e 15°C) após serem submetidas aos ciclos de HD em todos os tempos de hidratação observados, correspondendo a um aumento de cerca de 20% em todos os tempos avaliados ($F = 24,8300$; $gl = 4$; $p < 0,0001$; Fig. 14). Por outro lado, a hidratação descontínua conferiu maior tolerância às sementes de *P. moniliformis* e *P. nitens* em todas as temperaturas extremas avaliadas, sendo os maiores tempos de hidratação (Tempo Z) aqueles que conferiram maior tolerância dessas sementes às temperaturas extremas ($F = 603,8800$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. Fig. 15; $F = 509,6000$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. Fig. 16, respectivamente). Após passarem pelos ciclos de HD no tempo Z, as sementes de *P. moniliformis* apresentaram um aumento de cerca de 80 e 50% nas temperaturas de 10 e 40°C respectivamente. Já nas sementes de *P. nitens* esse aumento correspondeu a aproximadamente 30 e 50%, respectivamente, nas mesmas temperaturas.

A mudança de temperatura também influenciou o TMG das sementes. Para todas as espécies, a temperatura de 25°C apresentou o menor TMG (Tabelas 2 a 5) e as temperaturas consideradas mais amenas (10 e 15°C) proporcionaram um maior TMG das espécies avaliadas, ou seja, as espécies demoraram mais tempo para germinar em temperaturas mais baixas, quando comparadas com as temperaturas mais elevadas (35 e 40°C) (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 818,7800$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 1306,4100$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 797,0900$; $gl = 4$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 870,6600$; $gl = 4$; $p < 0,0001$). A passagem pelos ciclos de HD reduziu o TMG das sementes de todas as espécies avaliadas que foram submetidas ao estresse térmico, em todas as temperaturas avaliadas (*A. colubrina* var. *cebil*: $F = 4,4400$; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *E. contortisiliquum*: $F = 124,4900$; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *P. moniliformis*: $F = 334,8100$; $gl = 3$; $p < 0,0001$. *P. nitens*: $F = 38,8600$; $gl = 3$; $p < 0,0001$; Tabelas 2 a 5). Quanto aos tempos de hidratação avaliados, esses proporcionaram uma resposta

diferenciada no TMG das espécies *A. colubrina* var. *cebil* ($F = 14,44$; $gl = 2$; $p < 0,0001$), *P. moniliformis* ($F = 290,4700$; $gl = 2$; $p < 0,0001$) e *P. nitens* ($F = 42,4600$; $gl = 2$; $p < 0,0001$). Ciclos com longos períodos de hidratação (Tempo Z) proporcionaram maior redução no TMG das sementes de *A. colubrina* var. *cebil*, *P. moniliformis* e *P. nitens*, sendo essa redução mais expressiva nas temperaturas mais baixas (10 e 15°C) (Tabelas 2, 4 & 5). As sementes de *P. moniliformis* que passaram por três ciclos de HD no tempo Z, por exemplo, apresentaram uma redução no TMG de 92,9% (controle: $14,44 \pm 1,39$ dias; Tempo Z: $1,02 \pm 0,04$ dias), quando as sementes foram submetidas ao tratamento de 10°C (Tabela 4). Por outro lado, em sementes de *E. contortisiliquum*, a redução do TMG das sementes que passaram pela hidratação descontínua nos tempos X, Y e Z não apresentaram diferença significativas em nenhuma das temperaturas avaliadas ($F = 1,85$; $gl = 2$; $p = 0,1602$; Tabela 3).

Discussão

Este estudo trouxe como principal objetivo o aperfeiçoamento da técnica de hidratação descontínua utilizada amplamente em plantas de interesse agrônomo como uma nova alternativa para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas da Caatinga, as quais podem se tornar mais tolerantes aos estresses ambientais impostos pelo ambiente durante a germinação ou após serem transplantadas no campo, em ações de recuperação de áreas degradadas. Como esta técnica está diretamente relacionada às alterações bioquímicas e moleculares proporcionadas pela hidratação das sementes no início do processo germinativo (Dubrovsky 1996; 1998; Meiado 2013), a proposta inicial foi ajustar a técnica às curvas de embebição das espécies estudadas, para que fosse possível obter respostas distintas em diferentes fases do processo de embebição. As curvas de embebição e os tempos X, Y e Z das quatro espécies estudadas tiveram

tempos diferentes. Porém, para todas as espécies foi possível verificar o padrão trifásico da curva proposto por Bewley e Black (1994). Segundo esses autores, cada fase da curva de embebição pode alongar-se ou reduzir-se, ficando na dependência de propriedades específicas das sementes de cada espécie e às condições ambientais que afetam a disponibilidade de água para o processo de hidratação das sementes. Dessa forma, cada espécie apresenta um tempo diferenciado nas três fases de embebição (Bewley & Black 1994), o que proporcionou os diferentes tempos de hidratação e desidratação avaliados no presente estudo.

Apesar de apresentarem tempos diferentes, a embebição das quatro espécies avaliadas no presente estudo é considerada rápida quando comparadas a outras espécies da família Fabaceae como, por exemplo, *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. (Loureiro et al. 2013), *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard (Costa et al. 2014) e *Dimorphandra wilsonii* Rizzini (Lopes & Matheus 2008). Essa rápida absorção de água pelas sementes da Caatinga indica a ausência ou superação de dormência física, além de representar uma adaptação desenvolvida pelas sementes das espécies que ocorrem em ambientes áridos ou semiáridos para aproveitar as condições ambientais favoráveis para a germinação das sementes e estabelecimentos das plântulas em campo (Meiado et al. 2012; Martins 2015). Como visto nos resultados desse estudo, a espécie *E. contortisiliquum* apresentou uma curva de embebição de aproximadamente 24 horas, com a fase 1 se estendendo de 0 a 14 horas e a fase 2 de 12 a 24 horas. Esse resultado se mostrou diferente do encontrado por Silva et al. (2014), onde sementes dessa mesma espécie não apresentaram um padrão trifásico, atingindo a fase 1 de embebição em 100 horas após o início da hidratação e emitindo radícula com 120 horas, sendo a fase 2 considerada indefinida. Esse resultado diferente observado por Silva et al. (2014) pode estar relacionado à coleta de lotes de sementes em locais com condições ambientais

diferentes ou, principalmente, à escolha de um tratamento diferenciado para a superação da dormência das sementes. Dessa forma, ressalta-se a importância da escolha de um tratamento eficiente para a superação da dormência das sementes antes de se iniciar os ciclos de HD, pois, caso não se tenha essa preocupação, a velocidade de absorção de água pelas sementes pode ser comprometida e influenciar diretamente os efeitos que a hidratação descontínua pode proporcionar às sementes avaliadas.

Como visto nos resultados deste estudo, a passagem das sementes pelos ciclos de HD favoreceu a germinação das quatro espécies estudadas e proporcionou uma maior tolerância a, pelo menos, um dos estresses abióticos avaliados. Os estresses hídrico, salino e térmico provocaram uma redução na germinabilidade e aumento do tempo médio de germinação à medida que aumentou a concentração osmótica das soluções ou em temperaturas sub e supra ótimas. A influência dos fatores abióticos na resposta germinativa das sementes também foi observada em outras espécies da família Fabaceae submetidas a esses tipos de estresses ambientais, mas que não passaram por ciclos de HD como, por exemplo, em sementes de *Adenanthera pavonina* L. (Fanti & Perez 1998) e de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Jeller & Perez 2003). Na simulação do estresse hídrico foi possível observar três padrões de respostas germinativas diferentes quando as sementes foram submetidas aos ciclos de HD. A hidratação descontínua conferiu maior tolerância ao estresse hídrico a todas as espécies estudadas, com exceção da *P. nitens*, onde foi observada uma redução significativa da germinabilidade das sementes que passaram pelos ciclos. Resultados semelhantes foram encontrados por Biruel et al. (2007), no qual o condicionamento osmótico não elevou a porcentagem e nem a velocidade de germinação de *P. nitens*. Segundo os autores, esse comportamento pode ser atribuído às características inerentes à própria espécie, que pode ser considerada como insensível ao

pré-condicionamento osmótico (Biruel et al. 2007) e ao hidrocondicionamento avaliado no presente estudo.

Por outro lado, as sementes de *A. colubrina*, *P. moniliformis* e *E. contortisiliquum* apresentaram a maior média referente a sua germinabilidade no tratamento controle (97, 92 e 98% de germinação, respectivamente) e, nos tratamentos com PEG 6000 e NaCl, a germinabilidade foi reduzida a partir do potencial de -0,3 MPa. Após os ciclos de HD, a porcentagem de germinação das sementes submetidas aos estresses aumentou quando comparadas com o tratamento controle, chegando a um aumento superior a 60% nos ciclos longos, quando as sementes foram submetidas ao tratamento de -0,9 MPa. Esses resultados indicaram que os ciclos de HD proporcionaram uma maior tolerância das sementes dessas três espécies arbóreas ao estresse hídrico, o que representa uma maior chance dessas sementes conseguirem germinar em condições de baixa disponibilidade hídrica em campo. Resultados semelhantes foram encontrados por Jeller & Perez (2003) com sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa*, onde somente as sementes osmocondicionadas germinaram no potencial osmótico de -0,6 MPa quando as sementes foram submetidas ao estresse hídrico, apresentando percentuais elevados de germinação e diferindo significativamente daquelas que não foram osmocondicionadas.

No caso do estresse térmico as espécies avaliadas neste estudo apresentaram um padrão de resposta germinativa diferenciado quando as sementes foram submetidas a temperaturas extremas. As sementes de *E. contortisiliquum* apresentaram maior tolerância as baixas temperaturas (10 e 15°C) após serem submetidas aos ciclos de HD. Por sua vez, para as sementes de *P. moniliformis* e *P. nitens*, a hidratação descontínua conferiu maior tolerância em todas as temperaturas extremas avaliadas. Esses resultados também corroboram com os apresentados por Jeller e Perez (2003) com sementes de *S.*

spectabilis var. *excelsa*, onde o condicionamento osmótico, de um modo geral, proporcionou incrementos no desempenho das sementes em condições de estresse térmico, tanto em temperatura subótima (12°C) quanto na supra ótima (39°C), revelando que este também é um tratamento eficiente. Assim, é possível introduzir esta espécie em regiões de climas mais frios ou mais quentes com a utilização de sementes osmocondicionadas (Jeller & Perez 2003).

A eficiência dos ciclos de HD e a evidência de memória hídrica em sementes de espécies da Caatinga também foi testada por Meiado (2013). As espécies *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. (Arecaceae), *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae), *Cnidoscolus quercifolius* Pohl (Euphorbiaceae), *A. cearensis*, *E. contortisiliquum* e *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Fabaceae) foram avaliadas com o intuito de se desenvolver uma técnica eficiente para maximizar o recrutamento de plântulas nas áreas de Caatinga. Segundo o autor, com a exceção das sementes de *S. coronata*, as sementes de todas as espécies avaliadas apresentaram um aumento significativo na germinabilidade, velocidade e sincronização e uma redução no tempo médio de germinação. Além disso, também foi observado um aumento significativo na sobrevivência das plântulas formadas a partir de sementes que foram induzidas a ciclos de hidratação e secagem, demonstrando que os benefícios da hidratação descontínua podem se perpetuar em outras fases do desenvolvimento dessas plantas (Meiado 2013).

Finalmente, devido aos benefícios proporcionados pelos ciclos de HD às sementes de espécies arbóreas nativas da Caatinga como, por exemplo, a maior tolerância aos estresses evidenciada pelo aumento da germinabilidade e redução do TMG das sementes submetidas aos estresses ambientais, conclui-se que a hidratação

descontínua é uma técnica eficiente para a produção de mudas mais vigorosas de algumas espécies nativas.

Com base nos parâmetros de germinação avaliados no presente estudo sugere-se que as sementes das espécies estudadas, com exceção de *P. nitens*, cujo o hidrocodicionamento não foi benéfico, sejam submetidas a dois ciclos de HD nos seus respectivos tempos Y para conferir às plântulas maior tolerância ao estresse hídrico. Por outro lado, para o estresse salino, é indicado que as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* e *P. moniliformis* sejam submetidas a dois ciclos no tempo X, *E. contortisiliquum* a dois ciclos do tempo Y e *P. nitens* a 2 ciclos no tempo Z. Já para o estresse térmico, o tratamento mais indicado é o de 2 ciclos no tempo Z para as espécies de *P. moniliformis* e *P. nitens* e 3 ciclos no tempo X para as sementes de *E. contortisiliquum*. Tais técnicas são sugeridas visando à produção de mudas mais tolerantes aos estresses ambientais avaliados, bem como ao período mais curto para a realização dos tratamentos de hidratação e secagem.

Por fim, sugere-se que esta técnica seja avaliada em diferentes fases do ciclo de vida das plantas e em um número maior de espécies arbóreas para que seja compreendido o efeito da hidratação descontínua no estabelecimento de novas plântulas que podem ser usadas com maior sucesso em ações de recuperação de ambientes degradados em ecossistemas semiáridos.

Referências Bibliográficas

- Baskin CC, Baskin JM (2014) Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego, Academic Press 2: 1600p.
- Bewley JD, Black M (1994) Seeds: physiology of development and germination. New York: Plenum Press 2: 445p.

Biruel RP, Borba Filho AB, Araújo ECE, Fraccaro FO, Perez SCJGA (2007) Efeitos do condicionamento seguido ou não de secagem em sementes de *Pterogyne nitens* Tul. sob estresse. *Ciência Florestal* 17: 119-128.

Brancalion PHS, Gandolfi S, Rodrigues RR (2015) *Restauração Florestal*. São Paulo, Oficina de Textos. 431p.

Braccini AL, Ruiz HA, Braccini, MCL, Reis MS (1996) Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. *Revista Brasileira de Sementes* 18: 10-16.

Costa LG, Silva AG, Gomes DR (2014) Morfologia de frutos, sementes e plântulas, e anatomia das sementes de sombreiro (*Clitoria fairchildiana*). *Revista de Ciências Agrárias* 57: 414-421.

Dubrovsky JG (1996) Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany*, 83:624-632.

Dubrovsky JG (1998) Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 125: 33-39.

Fanti SC, Perez SCJGA (1998) Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenanthera pavonina* L. *Revista Brasileira de Sementes*, 20: 167-177.

Jeller H, Perez SCJGA (2003) Condicionamento osmótico na germinação de sementes de cássia-do-nordeste sob estresse hídrico, térmico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 1025-1034.

Kigel J (1995) Seed germination in arid and semiarid regions. Páginas 645-699 In: Kigel J, Galili G (eds) *Seed development and germination*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Lima DD (2013) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. Páginas 40-41 In: Siqueira Filho JÁ, Meiado MV, Rabbani ARC, Siqueira AA, Vieira DCM (orgs.) Guia de Campo de Árvores das Caatingas. Curitiba: Editora Progressiva.

Lopes JC, Matheus MT (2008) Caracterização morfológica de sementes, plântulas e da germinação de *Dimorphandra wilsonii* Rizz. – faveiro-de-wilson (Fabaceae Caesalpinioideae). Revista Brasileira de Sementes 30: 96-101.

Loureiro MB, Teles CAS, Virgens IO, Araújo BRN, Fernandez LG, Castro RD (2013) Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de sementes e plântulas de *Amburana cearensis* (FR. ALL.) A.C. Smith (Leguminosae - Papilionoideae). Revista Árvore 37: 679-689.

Marques FRF, Meiado MV, Castro NMCR, Campos MLO, Mendes KR, Santos OO, Pompelli MF (2015) GerminaQuant: a new tool for germination measurements. Journal of Seed Science 37: 248-255.

Martins AS (2015) Aspectos fisiológicos e moleculares e tolerância á dessecação em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras.

Masetto TE, Faria JMR, Fraiz ACR, Rezende RKS (2013) Condicionamento osmótico de sementes de *Sesbania virgata* (CAV.) PERS (Fabaceae). Cerne 19: 629-636.

Meiado MV (2013) Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. Páginas 89-94 In: Stelmann JR, Isaias RMS, Modolo LV, Vale FHA, Salino A (orgs.) Anais do 64º Congresso Nacional de Botânica: botânica sempre viva. Belo Horizonte, Sociedade Botânica do Brasil.

Meiado MV, Silva FFS, Barbosa DCA, Siqueira Filho JA (2012) Diásporos da Caatinga: uma revisão. Páginas 306-365 In: Siqueira Filho JA (org.) Flora das

Caatingas do Rio São Francisco – História Natural e Conservação. Rio do Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial.

Meiado MV, Albuquerque LSC, Rocha EA, Rojas-Aréchiga M, Leal IR (2010) Seed germination responses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. *Plant Species Biology* 25: 120-128.

Meiado MV, Rojas-Aréchiga M, Siqueira-Filho JA, Leal IR (2016) Effects of light and temperature on seed germination of cacti of Brazilian ecosystems. *Plant Species Biology* 31: 87-97.

Mendonça AVR, Coelho EA, Souza NA, Balbino E, Silva RF, Barroso DG (2005) Efeito da hidratação e do condicionamento osmótico em sementes de pau-formiga. *Revista Brasileira de Sementes* 27: 111-116.

Nascimento WM (2004) Condicionamento Osmótico de Sementes de Hortaliças. Embrapa: Circular Técnica 33: 1-12.

Peixoto AM (Coord.) (2002) Enciclopédia agrícola brasileira. São Paulo: Editora da Universidade Federal de São Paulo 1: 632p.

Queiroz LP (2009) Leguminosas da Caatinga. Feira de Santana, Universidade Estadual de Feira de Santana.

Rabbani ARC (2013) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Páginas 14-15 In: Siqueira Filho JA, Meiado MV, Rabbani ARC, Siqueira AA, Vieira DCM (orgs.). Guia de Campo de Árvores das Caatingas. Curitiba: Editora Progressiva.

Ranal MA, Santana DG (2006) How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica* 29: 1-11.

Rito KF, Rocha EA, Leal IR, Meiado MV (2009) As sementes de mandacaru têm memória hídrica? *Boletín de La Sociedad Latino americana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 6: 26-31.

Silva TB, Matias JR, Vilar FCR, Ribeiro RC, Affonso IB, Oliveira GM, Dantas BF (2014) Curva de embebição de sementes *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong (Fabaceae). Informativo Abrates.

Statsoft (2012) *Statistica 13.0*. [homepage on the Internet]. StatSoft South America. [cited 2 January 2012]. Available from URL: <http://www.statsoft.com.br>

Tenreiro IGP (2013) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson. Páginas 40-41 In: Siqueira Filho JA, Meiado MV, Rabbani ARC, Siqueira AA, Vieira DCM (orgs.) Guia de Campo de Árvores das Caatingas. Curitiba: Editora Progressiva.

Tonin GA, Gatti AB, Carelli BP, Perez SCJGA (2005) Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* Tull. Revista Brasileira de Sementes 27: 35-43.

Villela FA, Doni Filho L, Sequeira EL (1991) Tabela de potencial osmótico em função da concentração de Polietileno Glicol 6.000 e da temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 26: 1957-1968.

Zar JH (1999) Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice Hall Inc.

Tabela 1. Locais e datas de coleta de sementes de quatro espécies arbóreas da Caatinga, as quais foram doadas pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) para a realização deste trabalho de dissertação de mestrado.

Espécie	Data	Cidade (Estado)
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	23/11/2014	Salgueiro (PE)
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	13/09/2014	Brejo Santo (CE)
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson	28/07/2014	Brejo Santo (CE)
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	23/05/2014	Brejo Santo (CE)

Tabela 2. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.

	Potencial Hídrico (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	1,08 ± 0,05	1,98 ± 0,14	2,84 ± 0,57	3,00 ± 0,01	-
Tempo X					
1 Ciclo	1,12 ± 0,04	1,52 ± 0,29	2,17 ± 0,25	1,91 ± 0,89	-
2 Ciclos	1,06 ± 0,07	1,46 ± 0,08	2,61 ± 0,20	2,38 ± 0,13	2,20 ± 0,25
3 Ciclos	1,07 ± 0,06	1,41 ± 0,10	1,90 ± 0,19	2,64 ± 0,12	1,98 ± 0,61
Tempo Y					
1 Ciclo	1,19 ± 0,09	1,44 ± 0,31	2,37 ± 0,38	2,66 ± 0,23	-
2 Ciclos	1,30 ± 0,19	1,18 ± 0,10	1,16 ± 0,11	1,14 ± 0,11	1,30 ± 0,32
3 Ciclos	1,29 ± 0,17	1,22 ± 0,16	1,01 ± 0,02	1,04 ± 0,05	1,03 ± 0,04
Tempo Z					
1 Ciclo	1,11 ± 0,04	1,54 ± 0,19	2,18 ± 0,16	2,51 ± 0,20	1,78 ± 0,14
2 Ciclos	1,25 ± 0,03	1,22 ± 0,09	1,12 ± 0,04	1,20 ± 0,16	1,00 ± 0,01
3 Ciclos	1,10 ± 0,02	1,06 ± 0,05	1,07 ± 0,06	1,07 ± 0,05	1,04 ± 0,01
	Potencial Salino (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	1,11 ± 0,11	1,13 ± 0,03	1,09 ± 0,11	1,16 ± 0,20	1,93 ± 0,35
Tempo X					
1 Ciclo	1,08 ± 0,06	1,02 ± 0,04	1,00 ± 0,01	1,68 ± 0,17	2,86 ± 0,20
2 Ciclos	1,05 ± 0,07	1,02 ± 0,02	1,02 ± 0,04	1,25 ± 0,07	1,32 ± 0,09
3 Ciclos	1,16 ± 0,01	1,09 ± 0,08	1,01 ± 0,02	1,10 ± 0,08	1,37 ± 0,31
Tempo Y					
1 Ciclo	1,16 ± 0,11	1,12 ± 0,06	1,12 ± 0,14	1,73 ± 0,10	2,37 ± 0,31
2 Ciclos	1,21 ± 0,02	1,66 ± 0,25	2,21 ± 0,80	3,74 ± 0,59	2,38 ± 0,21
3 Ciclos	1,79 ± 0,02	2,08 ± 0,08	2,04 ± 0,17	2,77 ± 0,21	3,61 ± 0,24
Tempo Z					
1 Ciclo	1,19 ± 0,03	1,23 ± 0,12	1,17 ± 0,10	1,58 ± 0,13	2,02 ± 0,19
2 Ciclos	1,44 ± 0,05	1,57 ± 0,09	1,71 ± 0,03	1,78 ± 0,33	2,59 ± 0,60
3 Ciclos	1,40 ± 0,01	1,47 ± 0,07	1,38 ± 0,02	1,60 ± 0,10	2,34 ± 0,43
	Temperatura (°C)				
	10	15	25	35	40
Controle	5,16 ± 0,37	2,79 ± 0,32	1,08 ± 0,05	1,37 ± 0,25	1,32 ± 0,30
Tempo X					
1 Ciclo	4,64 ± 0,83	2,81 ± 0,43	1,12 ± 0,04	1,27 ± 0,13	1,27 ± 0,11
2 Ciclos	4,52 ± 0,84	2,86 ± 0,19	1,06 ± 0,07	1,48 ± 0,17	1,49 ± 0,07
3 Ciclos	4,45 ± 0,79	2,91 ± 0,36	1,07 ± 0,06	1,43 ± 0,08	1,49 ± 0,17
Tempo Y					
1 Ciclo	4,36 ± 0,39	3,10 ± 0,27	1,19 ± 0,09	1,32 ± 0,06	1,32 ± 0,09
2 Ciclos	4,74 ± 0,40	2,75 ± 0,50	1,30 ± 0,19	1,24 ± 0,02	1,40 ± 0,26
3 Ciclos	4,82 ± 0,67	3,30 ± 0,26	1,29 ± 0,17	1,57 ± 0,19	1,22 ± 0,15
Tempo Z					
1 Ciclo	4,14 ± 0,90	2,75 ± 0,35	1,11 ± 0,04	1,44 ± 0,11	1,31 ± 0,16
2 Ciclos	3,09 ± 0,49	2,59 ± 0,11	1,25 ± 0,03	1,78 ± 0,01	1,84 ± 0,11
3 Ciclos	2,20 ± 0,22	1,86 ± 0,06	1,10 ± 0,02	1,68 ± 0,09	1,56 ± 0,02

Tabela 3. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.

	Potencial Hídrico (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	4,36 ± 0,41	7,19 ± 1,68	3,75 ± 0,20	-	-
Tempo X					
1 Ciclo	2,94 ± 0,72	6,35 ± 0,40	4,00 ± 0,01	-	-
2 Ciclos	2,97 ± 0,26	10,85 ± 0,11	3,00 ± 0,81	-	-
3 Ciclos	2,63 ± 0,27	7,77 ± 1,49	-	-	-
Tempo Y					
1 Ciclo	2,69 ± 0,38	3,54 ± 0,24	4,37 ± 0,62	-	-
2 Ciclos	1,98 ± 0,39	2,74 ± 0,37	3,74 ± 0,67	1,75 ± 0,61	5,00 ± 0,01
3 Ciclos	2,19 ± 0,25	2,59 ± 0,28	3,79 ± 0,35	4,33 ± 0,87	3,33 ± 0,01
Tempo Z					
1 Ciclo	2,22 ± 0,62	2,46 ± 0,45	2,79 ± 0,53	3,00 ± 0,01	-
2 Ciclos	1,98 ± 0,13	2,00 ± 0,15	3,17 ± 0,78	2,87 ± 0,25	-
3 Ciclos	1,72 ± 0,29	2,36 ± 0,48	2,87 ± 0,36	3,77 ± 0,56	-
	Potencial Salino (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	4,36 ± 0,41	5,21 ± 0,54	5,06 ± 0,38	5,89 ± 0,14	6,38 ± 0,19
Tempo X					
1 Ciclo	2,94 ± 0,72	5,06 ± 1,09	4,21 ± 0,39	5,16 ± 0,43	5,28 ± 1,01
2 Ciclos	2,97 ± 0,26	2,02 ± 0,29	2,17 ± 0,20	2,35 ± 0,21	2,51 ± 0,19
3 Ciclos	2,63 ± 0,27	2,50 ± 0,35	2,36 ± 0,08	2,43 ± 0,28	2,96 ± 0,22
Tempo Y					
1 Ciclo	2,69 ± 0,38	4,79 ± 0,29	4,19 ± 0,37	5,52 ± 0,66	4,87 ± 0,56
2 Ciclos	1,98 ± 0,39	3,09 ± 0,33	1,85 ± 0,21	2,29 ± 0,15	2,45 ± 0,32
3 Ciclos	2,19 ± 0,25	2,04 ± 0,12	2,02 ± 0,18	2,43 ± 0,13	2,59 ± 0,20
Tempo Z					
1 Ciclo	2,22 ± 0,62	3,02 ± 0,24	3,35 ± 0,48	3,78 ± 0,49	3,96 ± 0,20
2 Ciclos	1,98 ± 0,13	2,20 ± 0,30	2,13 ± 0,42	2,12 ± 0,36	2,26 ± 0,69
3 Ciclos	1,72 ± 0,29	2,61 ± 0,86	3,71 ± 0,69	2,95 ± 0,15	4,67 ± 0,58
	Temperatura (°C)				
	10	15	25	35	40
Controle	9,06 ± 0,17	7,03 ± 0,77	4,36 ± 0,41	3,71 ± 0,37	3,69 ± 0,27
Tempo X					
1 Ciclo	8,23 ± 0,41	6,62 ± 0,32	2,94 ± 0,72	2,68 ± 0,37	2,18 ± 0,18
2 Ciclos	8,48 ± 0,84	7,44 ± 0,18	2,97 ± 0,26	3,04 ± 0,41	2,25 ± 0,16
3 Ciclos	5,53 ± 0,27	4,87 ± 0,28	2,63 ± 0,27	1,98 ± 0,39	2,06 ± 0,30
Tempo Y					
1 Ciclo	8,33 ± 0,35	7,35 ± 0,46	2,69 ± 0,38	2,94 ± 0,34	2,54 ± 0,29
2 Ciclos	7,48 ± 0,83	5,99 ± 0,25	1,98 ± 0,39	2,62 ± 0,34	2,57 ± 0,18
3 Ciclos	6,54 ± 0,53	4,94 ± 0,24	2,19 ± 0,25	3,90 ± 0,57	3,70 ± 0,37
Tempo Z					
1 Ciclo	8,51 ± 0,65	6,97 ± 0,17	2,22 ± 0,62	2,71 ± 0,43	2,70 ± 0,32
2 Ciclos	6,95 ± 0,36	5,48 ± 0,88	1,98 ± 0,13	2,97 ± 0,29	3,00 ± 0,38
3 Ciclos	7,60 ± 0,82	6,04 ± 0,83	1,72 ± 0,29	3,58 ± 0,26	4,11 ± 0,16

Tabela 4. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.

	Potencial Hídrico (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	1,88 ± 0,08	1,94 ± 0,10	2,36 ± 0,27	2,98 ± 0,14	3,87 ± 0,26
Tempo X					
1 Ciclo	1,48 ± 0,18	1,81 ± 0,26	2,18 ± 0,37	3,03 ± 0,48	4,68 ± 0,85
2 Ciclos	1,90 ± 0,12	2,30 ± 0,16	2,43 ± 0,06	3,62 ± 0,64	5,66 ± 0,61
3 Ciclos	2,48 ± 0,11	2,33 ± 0,13	2,88 ± 0,29	3,66 ± 0,05	4,88 ± 0,36
Tempo Y					
1 Ciclo	1,36 ± 0,19	1,83 ± 0,55	2,07 ± 0,16	2,05 ± 0,44	3,21 ± 0,59
2 Ciclos	1,15 ± 0,09	1,05 ± 0,02	1,10 ± 0,08	1,09 ± 0,09	1,80 ± 0,93
3 Ciclos	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,01 ± 0,02	2,96 ± 0,94	2,35 ± 0,47
Tempo Z					
1 Ciclo	1,03 ± 0,03	1,06 ± 0,07	1,17 ± 0,07	1,16 ± 0,08	2,20 ± 0,53
2 Ciclos	2,74 ± 0,23	2,46 ± 0,24	2,68 ± 0,49	2,15 ± 0,38	1,82 ± 0,11
3 Ciclos	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01
	Potencial Salino (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	1,88 ± 0,08	2,60 ± 0,11	3,47 ± 0,27	4,10 ± 0,29	3,41 ± 0,37
Tempo X					
1 Ciclo	1,48 ± 0,18	1,51 ± 0,14	1,78 ± 0,10	2,54 ± 0,16	3,05 ± 0,21
2 Ciclos	1,90 ± 0,12	1,28 ± 0,15	1,20 ± 0,14	1,44 ± 0,22	1,66 ± 0,33
3 Ciclos	2,48 ± 0,11	1,68 ± 0,04	1,75 ± 0,33	2,18 ± 0,07	2,44 ± 0,14
Tempo Y					
1 Ciclo	1,36 ± 0,19	2,87 ± 0,42	1,83 ± 0,04	3,15 ± 0,39	3,37 ± 0,43
2 Ciclos	1,00 ± 0,01	2,55 ± 0,18	2,51 ± 0,17	3,20 ± 0,18	3,35 ± 0,05
3 Ciclos	1,15 ± 0,09	2,26 ± 0,14	2,43 ± 0,14	2,95 ± 0,24	3,26 ± 0,07
Tempo Z					
1 Ciclo	1,03 ± 0,03	1,94 ± 0,10	2,20 ± 0,44	2,10 ± 0,28	3,05 ± 0,27
2 Ciclos	2,74 ± 0,23	1,40 ± 0,14	1,61 ± 0,07	2,15 ± 0,10	2,53 ± 0,11
3 Ciclos	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01
	Temperatura (°C)				
	10	15	25	35	40
Controle	14,44 ± 1,39	8,57 ± 0,19	1,88 ± 0,08	4,11 ± 0,53	6,97 ± 0,38
Tempo X					
1 Ciclo	11,62 ± 1,32	9,54 ± 0,54	1,48 ± 0,18	3,90 ± 0,07	6,96 ± 0,66
2 Ciclos	12,28 ± 1,29	7,52 ± 0,46	1,90 ± 0,12	3,34 ± 0,30	6,35 ± 0,68
3 Ciclos	10,72 ± 2,99	6,06 ± 1,04	2,48 ± 0,11	2,76 ± 0,67	6,51 ± 1,14
Tempo Y					
1 Ciclo	11,78 ± 1,48	3,70 ± 0,52	1,36 ± 0,19	2,69 ± 0,56	5,99 ± 0,57
2 Ciclos	9,29 ± 1,40	4,62 ± 0,36	1,15 ± 0,09	3,20 ± 0,38	5,03 ± 0,29
3 Ciclos	2,87 ± 0,36	3,00 ± 0,37	1,00 ± 0,01	2,76 ± 0,13	2,58 ± 0,43
Tempo Z					
1 Ciclo	7,21 ± 0,90	4,96 ± 0,30	1,03 ± 0,03	3,01 ± 0,25	3,99 ± 0,58
2 Ciclos	3,37 ± 0,46	2,63 ± 0,16	2,74 ± 0,23	2,23 ± 0,19	1,69 ± 0,10
3 Ciclos	1,02 ± 0,04	1,15 ± 0,03	1,00 ± 0,01	1,10 ± 0,02	1,04 ± 0,04

Tabela 5. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresses hídrico, salino e térmico.

	Potencial Hídrico (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	2,53 ± 0,31	1,58 ± 0,32	2,37 ± 0,31	4,07 ± 0,48	-
Tempo X					
1 Ciclo	2,99 ± 0,31	2,30 ± 0,34	3,45 ± 0,40	3,15 ± 0,63	6,50 ± 0,01
2 Ciclos	3,08 ± 0,47	2,69 ± 0,83	3,89 ± 0,39	3,62 ± 0,76	4,00 ± 0,01
3 Ciclos	2,06 ± 0,13	2,39 ± 0,22	2,73 ± 0,46	2,51 ± 0,27	1,08 ± 0,95
Tempo Y					
1 Ciclo	2,27 ± 0,11	1,97 ± 0,51	2,79 ± 0,45	3,70 ± 0,71	1,50 ± 0,57
2 Ciclos	2,84 ± 0,38	1,77 ± 0,16	2,33 ± 0,47	2,00 ± 0,81	1,00 ± 0,01
3 Ciclos	1,60 ± 0,11	2,00 ± 0,01	3,00 ± 0,01	-	-
Tempo Z					
1 Ciclo	3,61 ± 0,40	2,83 ± 0,18	4,62 ± 0,72	5,83 ± 0,23	4,16 ± 1,31
2 Ciclos	2,10 ± 0,09	2,03 ± 0,18	2,46 ± 0,67	4,50 ± 0,40	-
3 Ciclos	1,63 ± 0,26	3,75 ± 0,60	4,54 ± 0,41	-	-
	Potencial Salino (MPa)				
	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9
Controle	2,53 ± 0,31	2,57 ± 0,07	2,62 ± 0,07	3,52 ± 0,22	3,94 ± 0,40
Tempo X					
1 Ciclo	2,99 ± 0,31	2,91 ± 0,18	3,26 ± 0,12	4,80 ± 0,27	5,68 ± 0,18
2 Ciclos	3,08 ± 0,47	3,12 ± 0,25	3,08 ± 0,06	4,38 ± 0,47	5,74 ± 0,31
3 Ciclos	2,06 ± 0,13	2,11 ± 0,08	2,11 ± 0,16	2,89 ± 0,01	5,21 ± 0,87
Tempo Y					
1 Ciclo	2,27 ± 0,11	3,32 ± 0,17	3,27 ± 0,06	4,40 ± 0,39	5,98 ± 0,17
2 Ciclos	2,84 ± 0,38	3,04 ± 0,13	3,20 ± 0,25	3,88 ± 0,07	5,56 ± 1,02
3 Ciclos	1,60 ± 0,11	1,96 ± 0,08	1,94 ± 0,15	2,40 ± 0,36	3,31 ± 0,52
Tempo Z					
1 Ciclo	3,61 ± 0,40	3,07 ± 0,09	3,23 ± 0,14	4,23 ± 0,33	5,07 ± 0,16
2 Ciclos	2,10 ± 0,09	2,13 ± 0,15	2,29 ± 0,13	3,01 ± 0,02	4,92 ± 0,12
3 Ciclos	1,63 ± 0,26	1,87 ± 0,11	1,83 ± 0,11	2,62 ± 0,42	3,73 ± 0,31
	Temperatura (°C)				
	10	15	25	35	40
Controle	-	18,89 ± 1,06	2,53 ± 0,31	5,20 ± 0,78	5,17 ± 0,36
Tempo X					
1 Ciclo	-	15,91 ± 1,96	2,99 ± 0,31	3,04 ± 0,59	4,67 ± 0,61
2 Ciclos	19,37 ± 1,49	13,15 ± 1,23	3,08 ± 0,47	2,18 ± 0,40	4,76 ± 0,24
3 Ciclos	11,85 ± 0,33	13,62 ± 2,05	0,77 ± 0,03	2,47 ± 0,38	4,62 ± 0,20
Tempo Y					
1 Ciclo	18,00 ± 2,44	14,41 ± 2,39	2,27 ± 0,11	2,19 ± 0,32	4,23 ± 0,45
2 Ciclos	10,58 ± 3,95	9,42 ± 1,25	2,84 ± 0,38	3,26 ± 0,72	4,19 ± 0,32
3 Ciclos	8,53 ± 1,45	11,08 ± 1,66	1,60 ± 0,11	4,35 ± 0,45	3,55 ± 0,21
Tempo Z					
1 Ciclo	10,94 ± 0,93	5,77 ± 0,96	3,61 ± 0,40	3,10 ± 0,41	3,85 ± 0,47
2 Ciclos	10,78 ± 1,43	12,95 ± 0,86	2,10 ± 0,09	4,36 ± 0,37	3,79 ± 0,55
3 Ciclos	4,17 ± 1,43	4,30 ± 0,22	1,63 ± 0,26	2,82 ± 0,33	1,61 ± 0,11

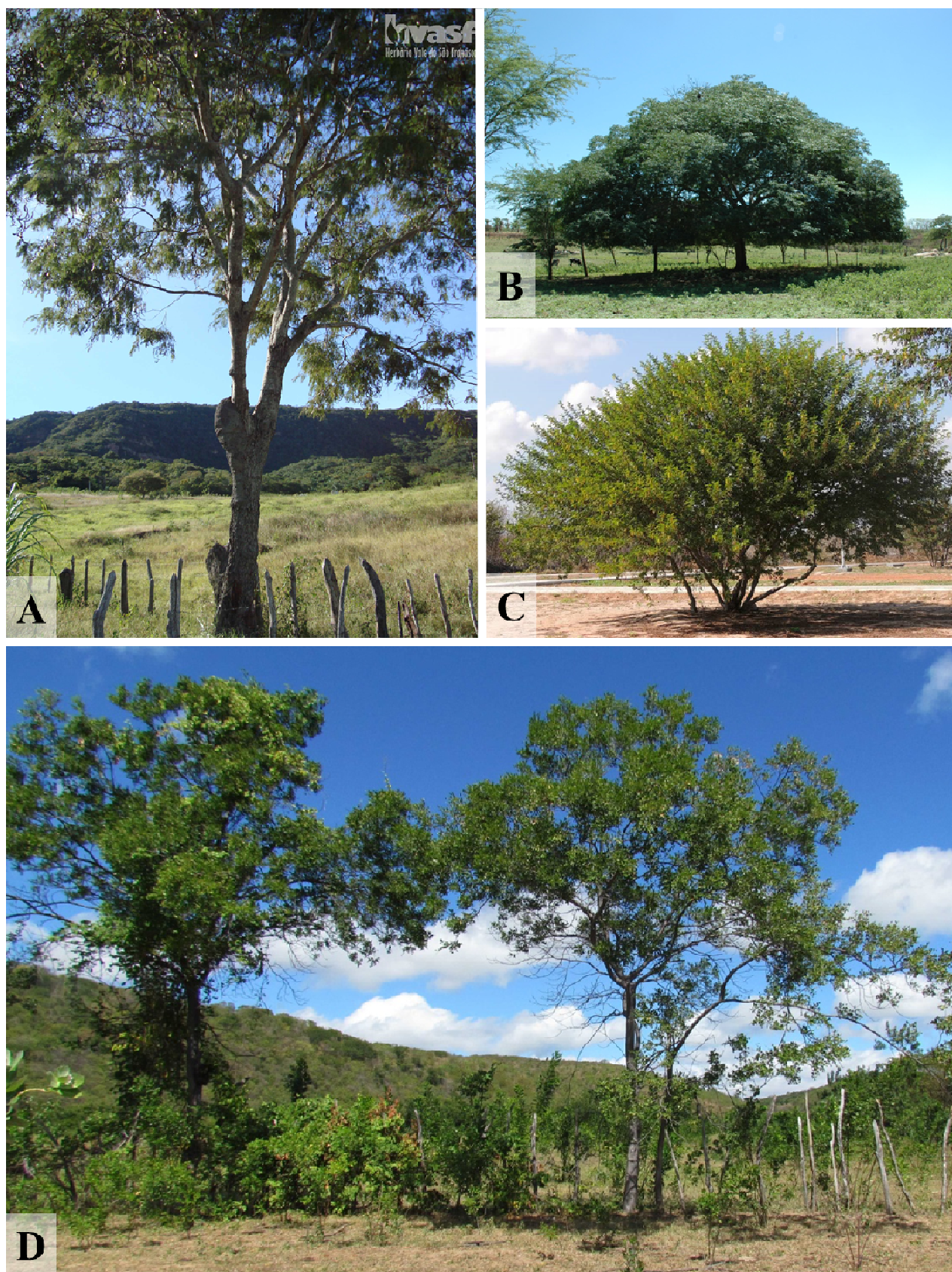


Figura 1. Espécies arbóreas utilizadas no presente estudo. (A) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (B) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (C) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e (D) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae).

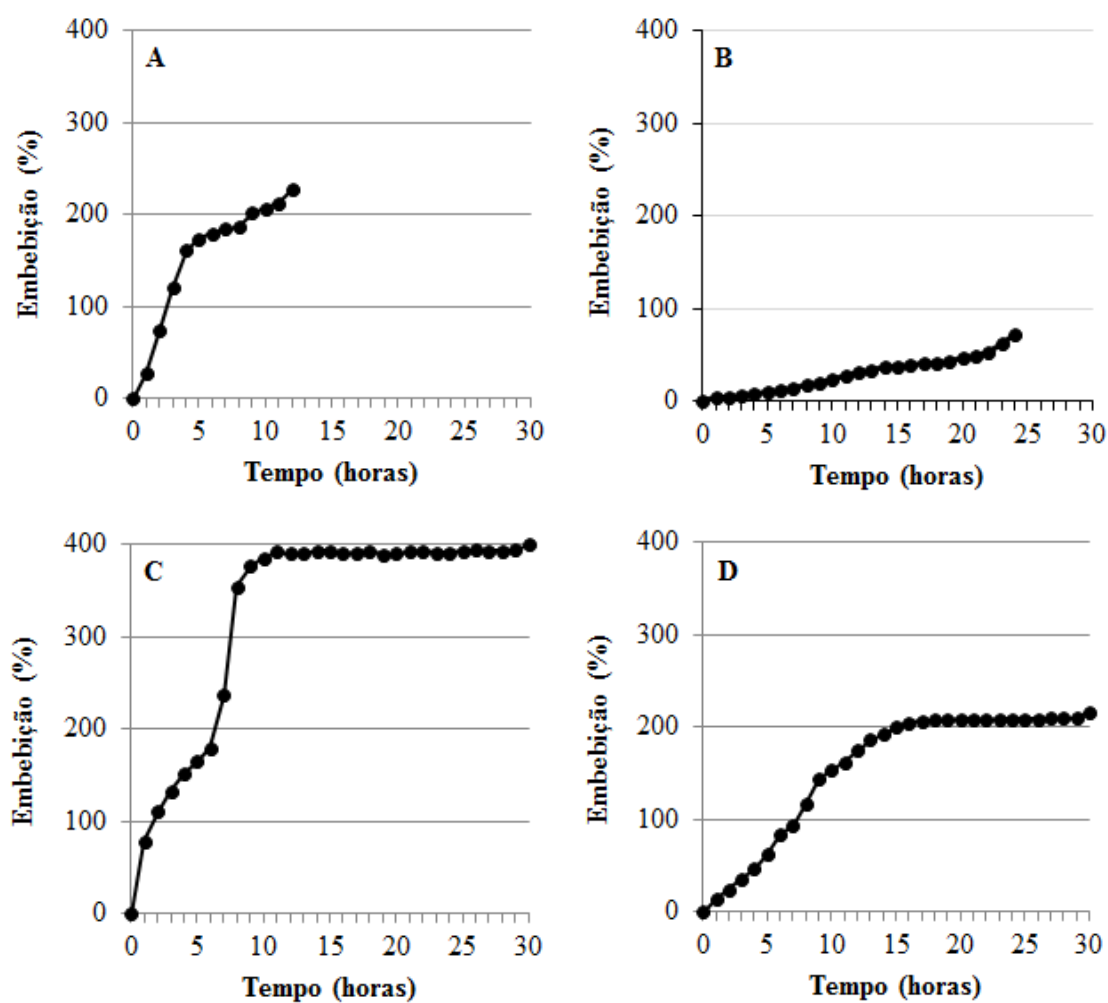


Figura 2. Curvas de embebição de sementes de (A) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (B) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (C) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e (D) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae).

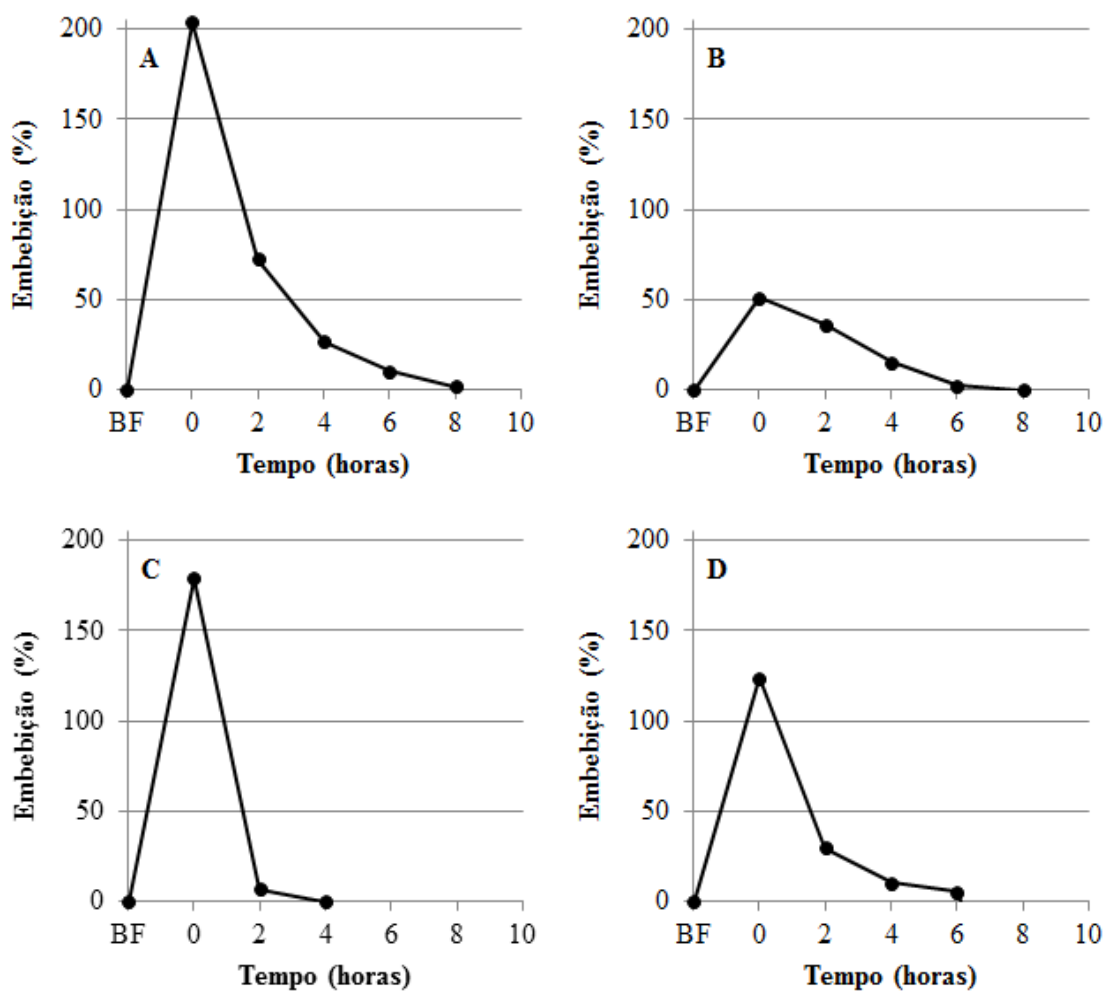


Figura 3. Curvas de desidratação de sementes de (A) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (B) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (C) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e (D) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae). BF: biomassa fresca das sementes.

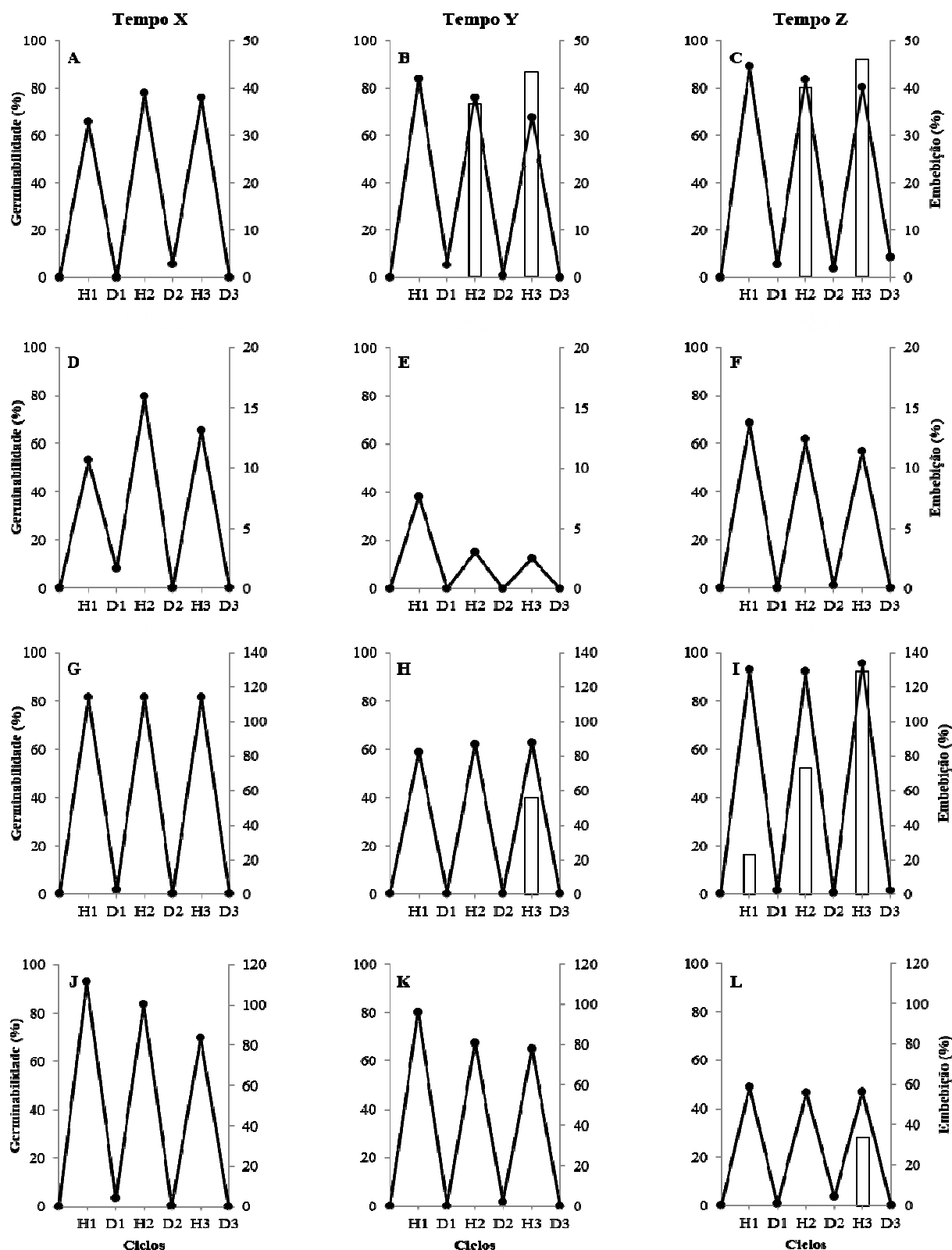


Figura 4. Porcentagem de embebição (linha preta) e de germinabilidade das sementes (barra branca) durante os ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z de (A, B e C) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, (D, E e F) *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (G, H e I) *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobsone (J, K e L) *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae).

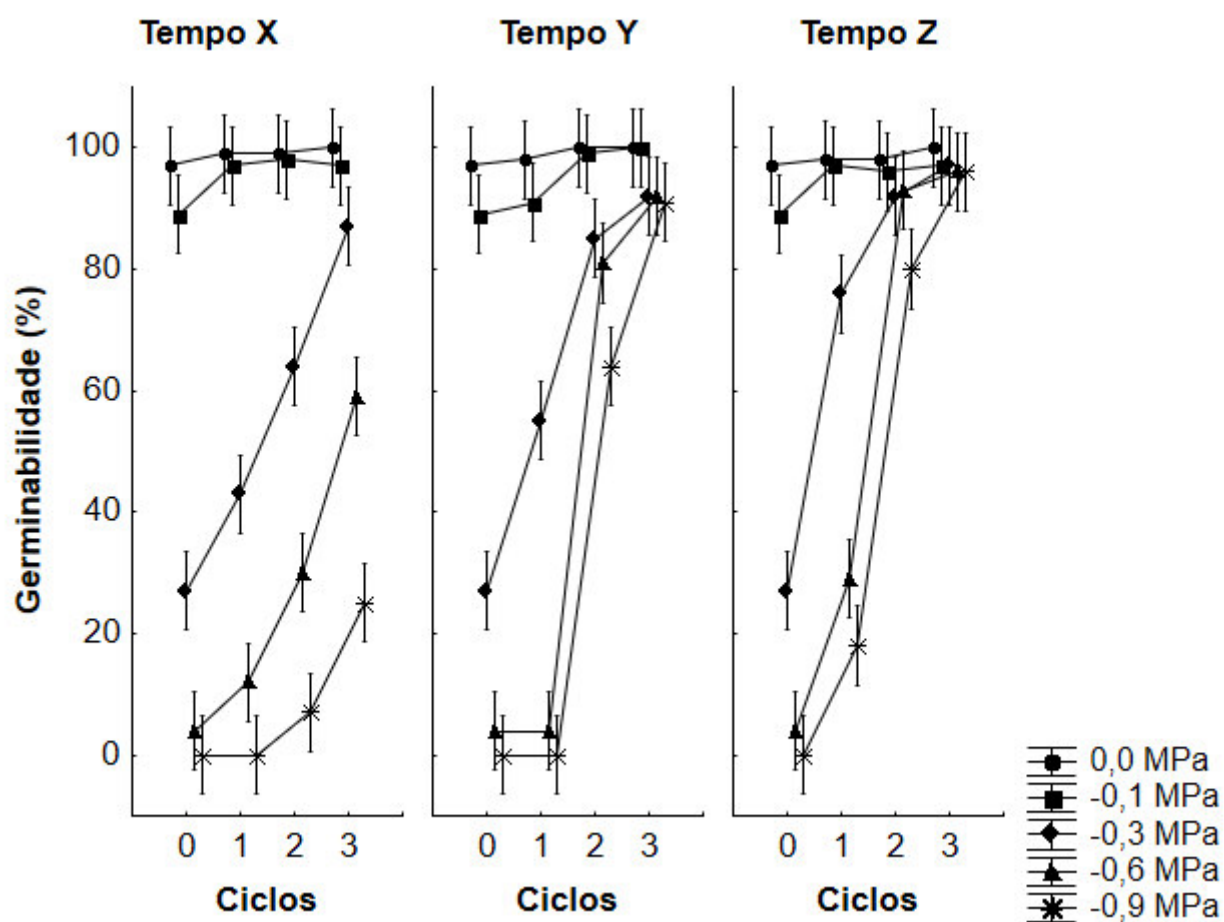


Figura 5. Germinabilidade (%) de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

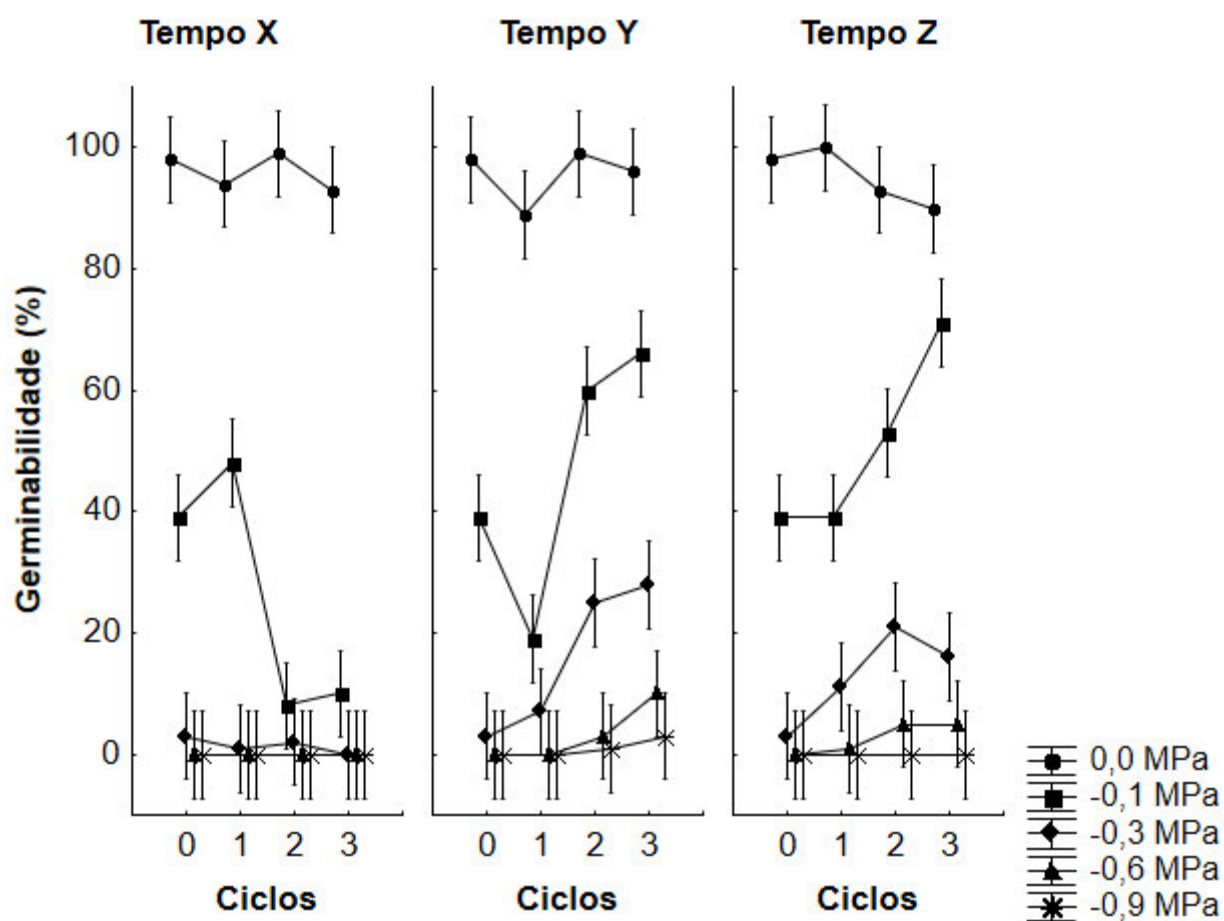


Figura 6. Germinabilidade (%) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

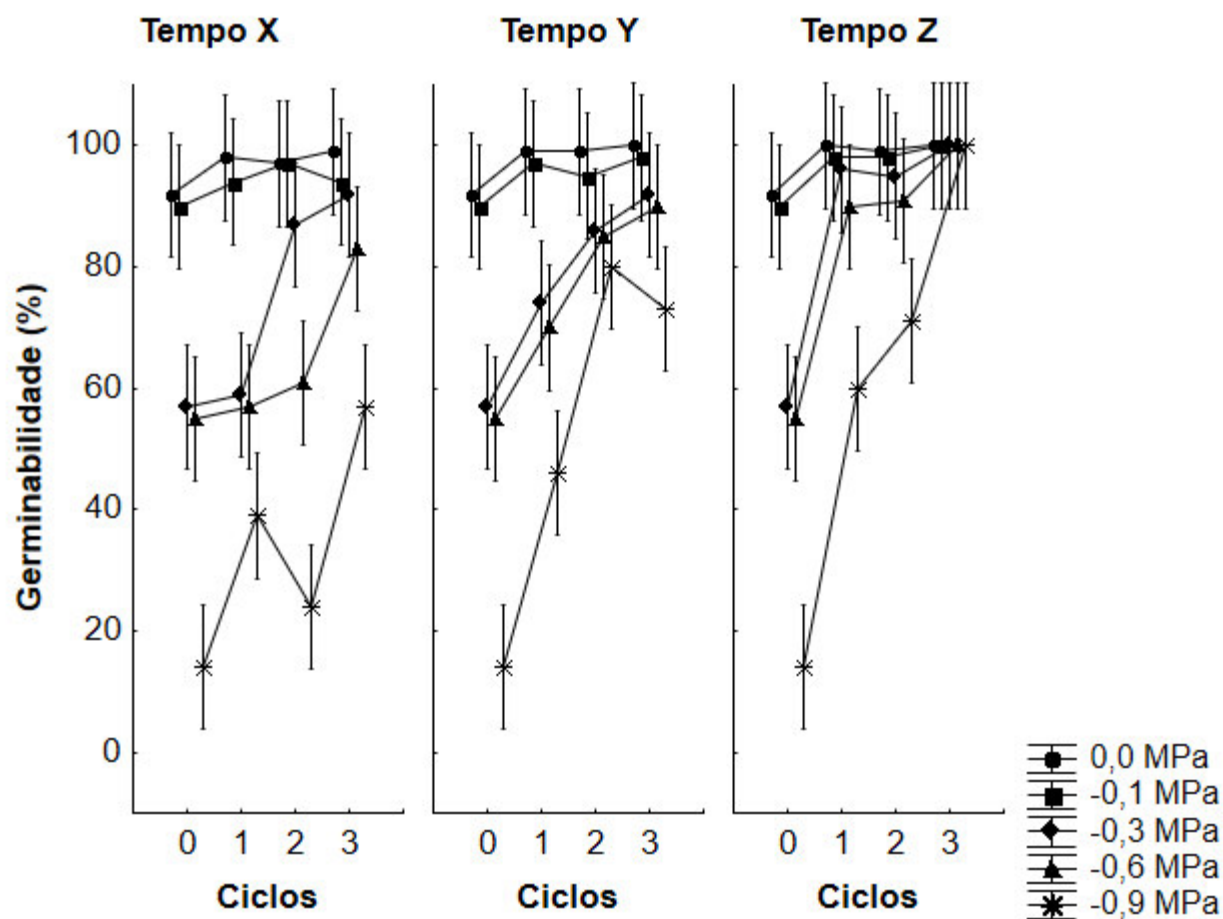


Figura 7. Germinabilidade (%) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

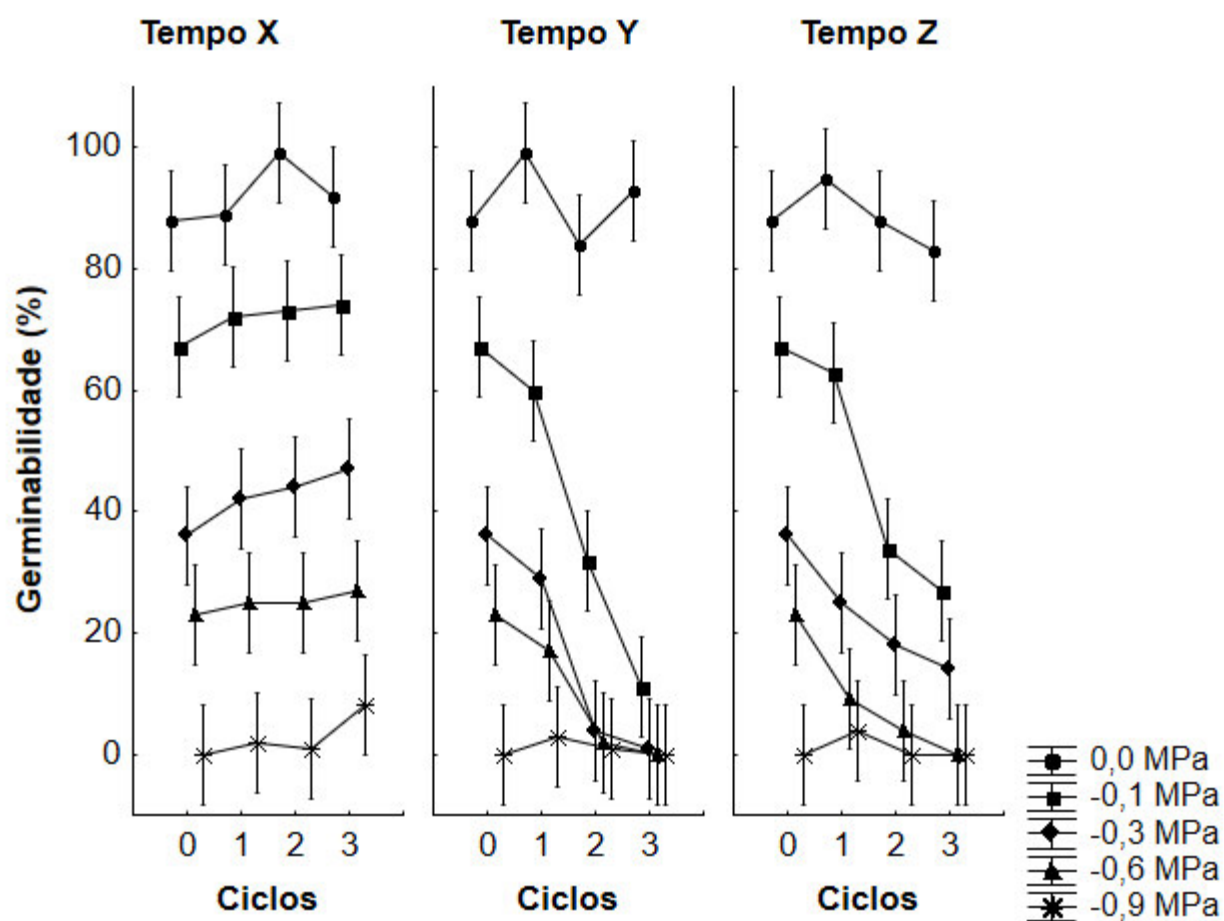


Figura 8. Germinabilidade (%) de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse hídrico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

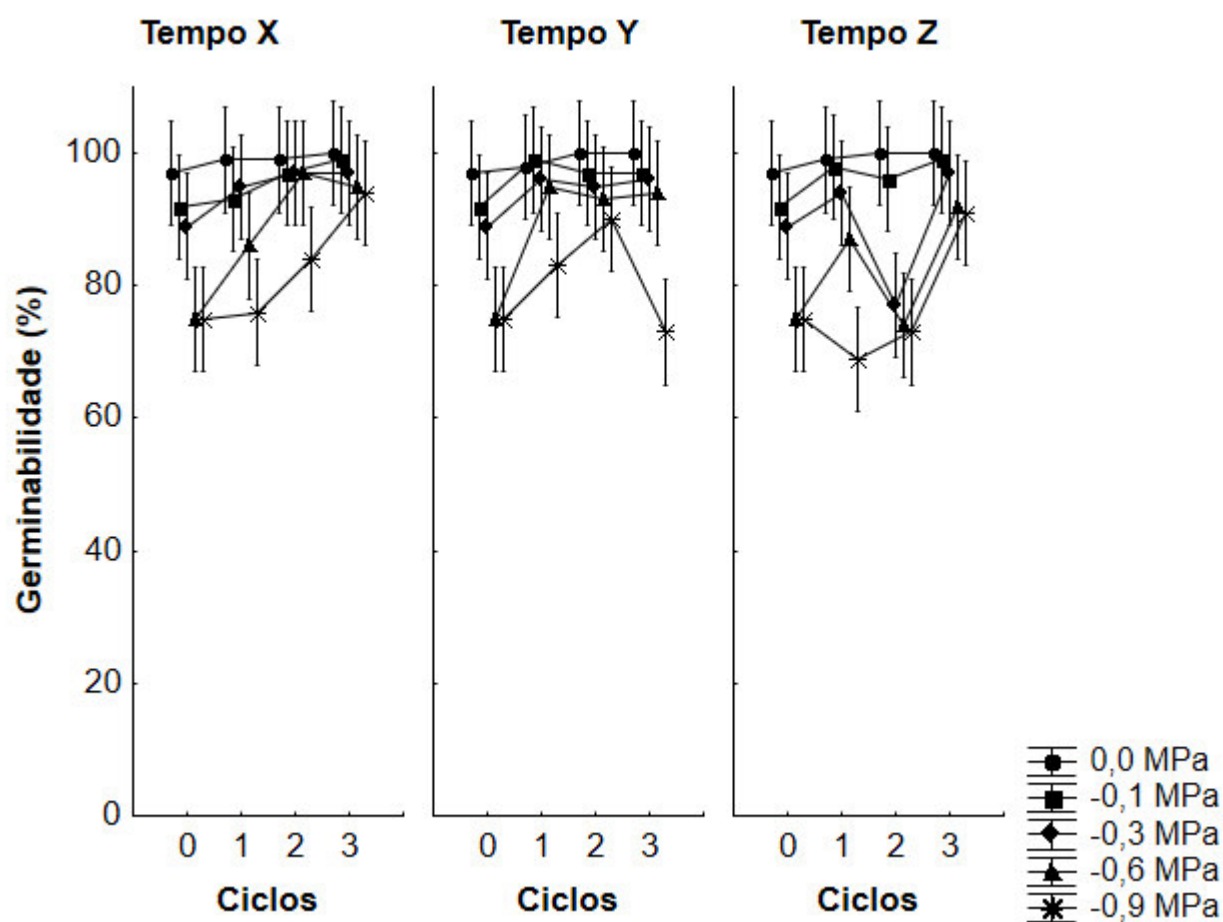


Figura 9. Germinabilidade (%) de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

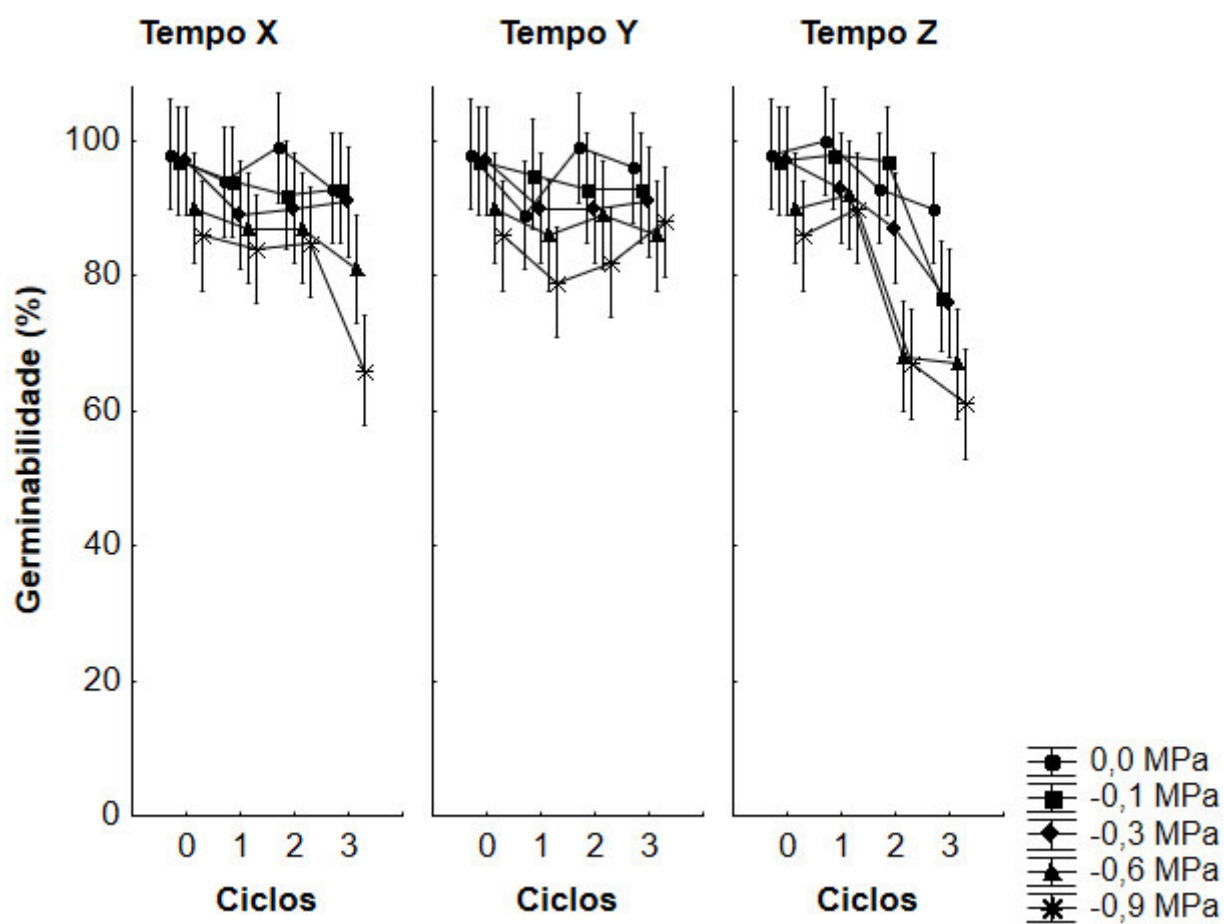


Figura 10. Germinabilidade (%) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

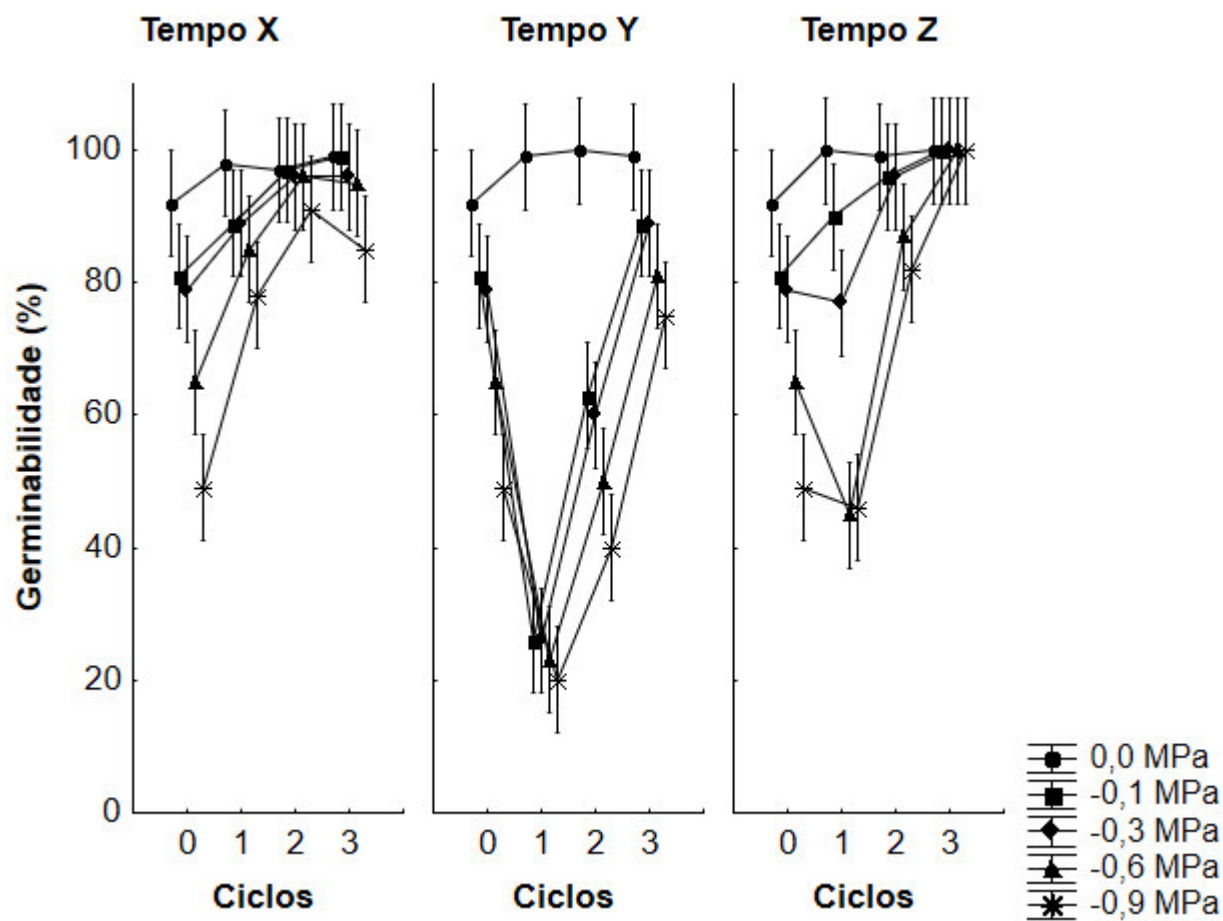


Figura 11. Germinabilidade (%) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

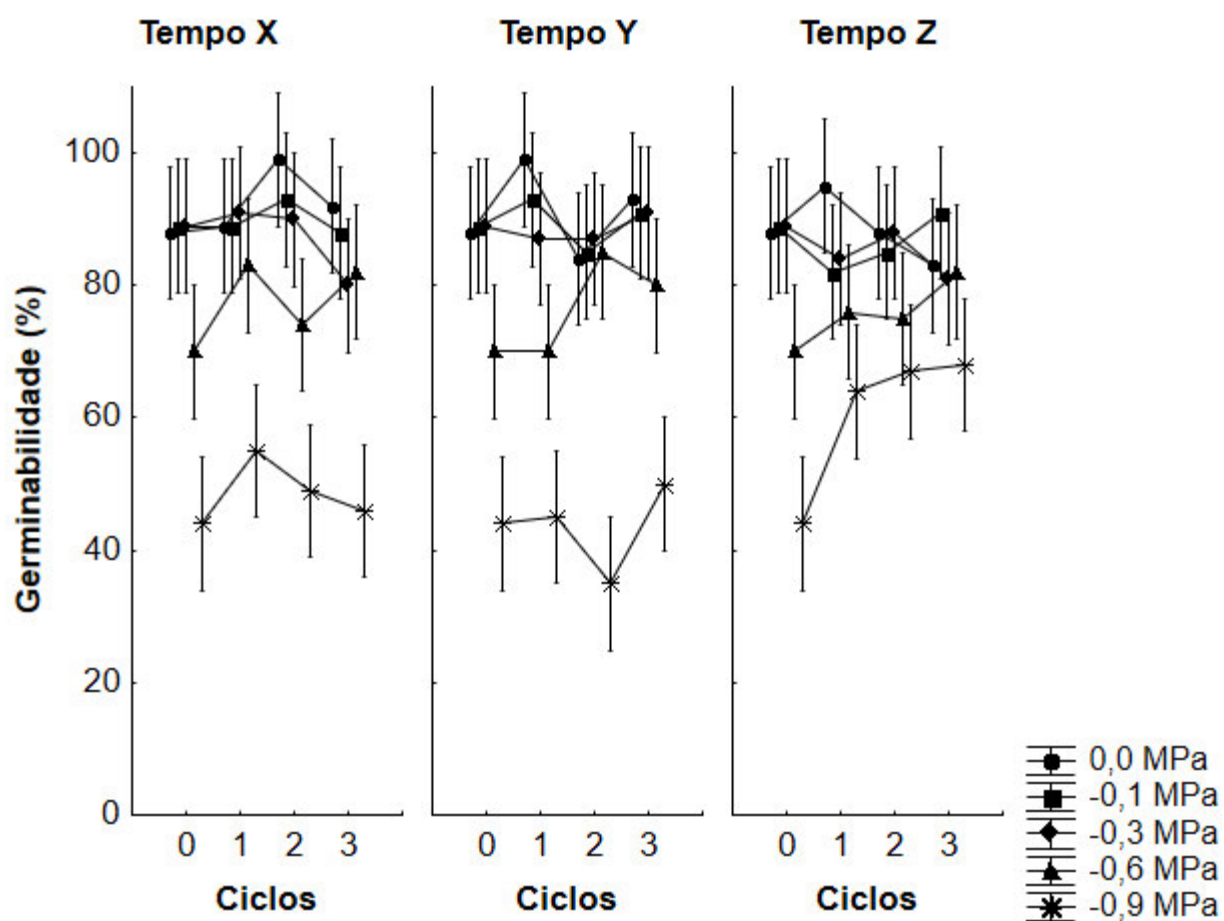


Figura 12. Germinabilidade (%) de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse salino. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

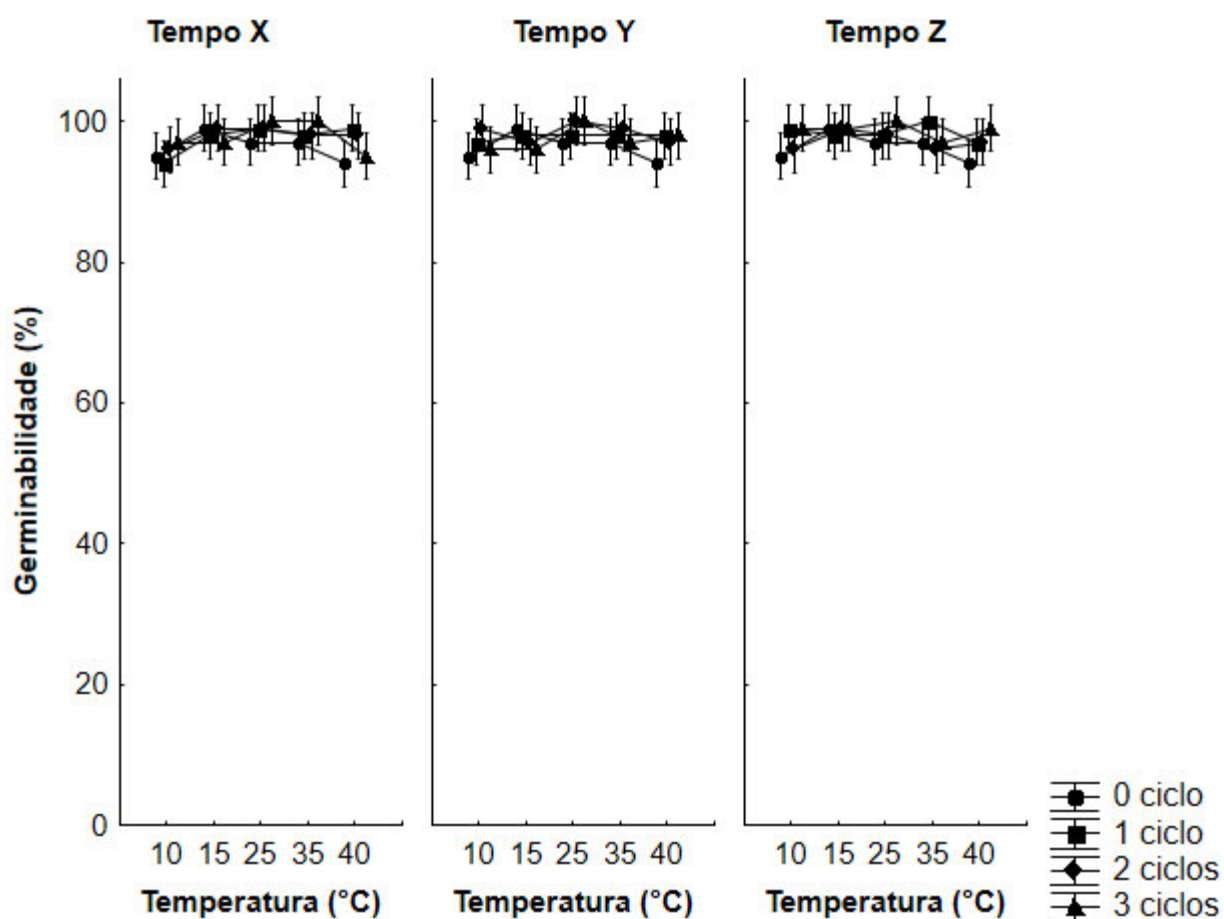


Figura 13. Germinabilidade (%) de sementes de (A) *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

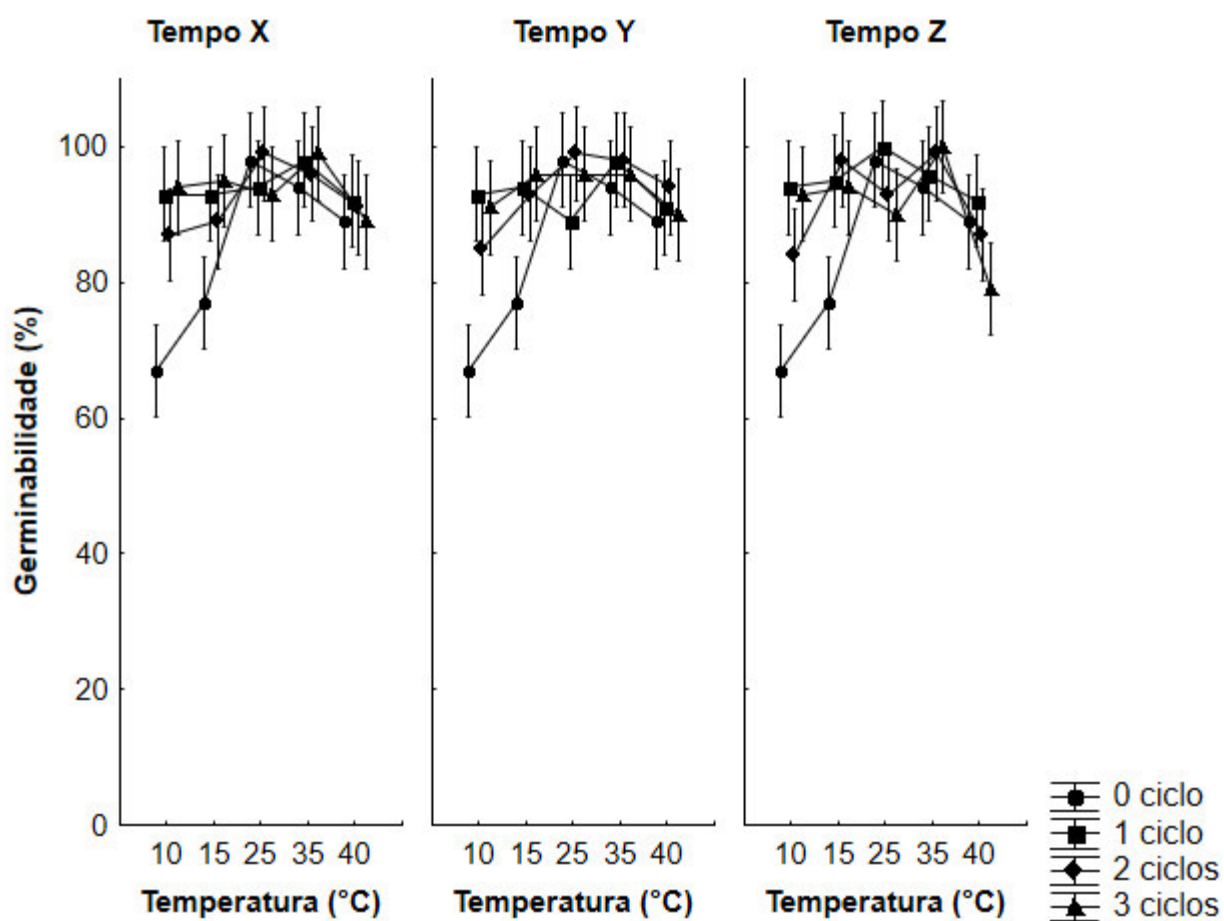


Figura 14. Germinabilidade (%) de sementes *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

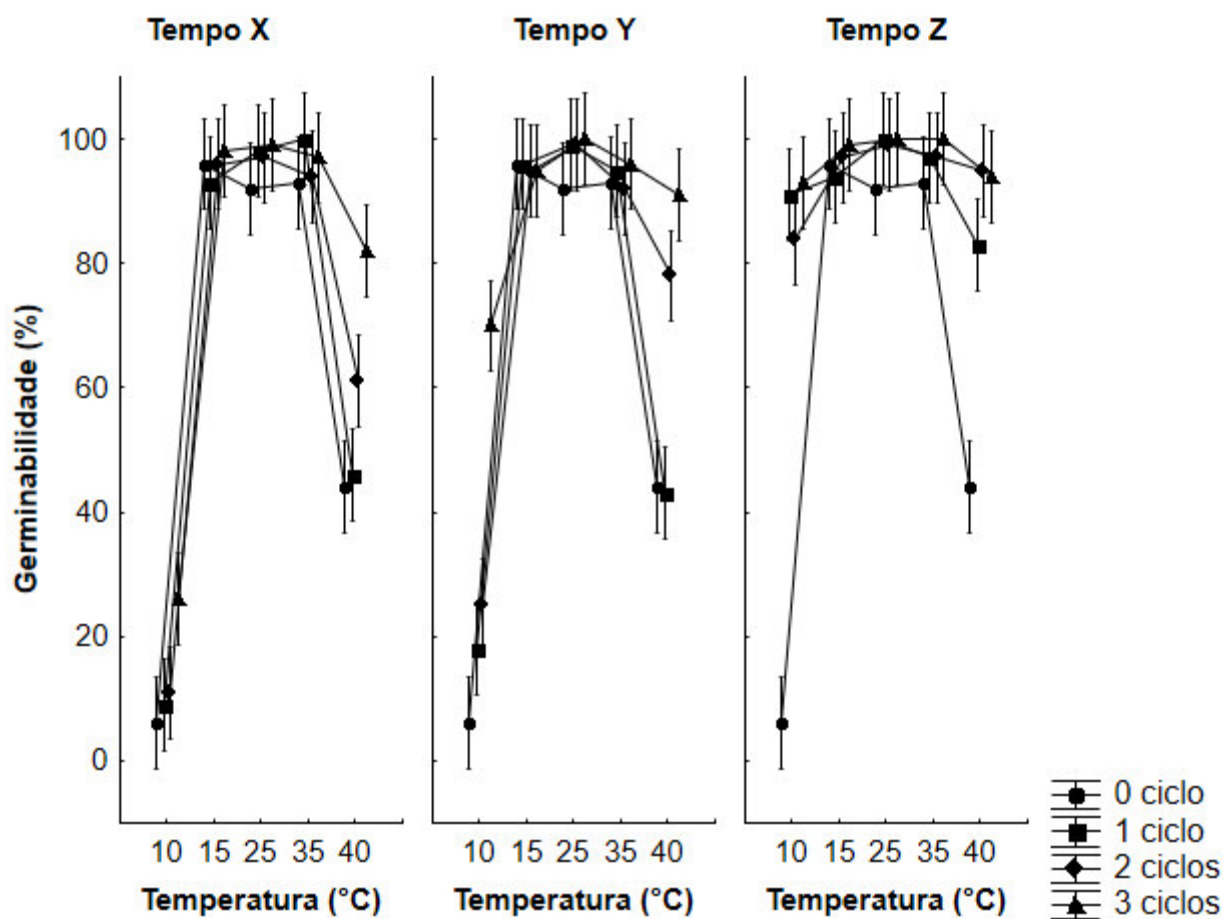


Figura 15. Germinabilidade (%) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.

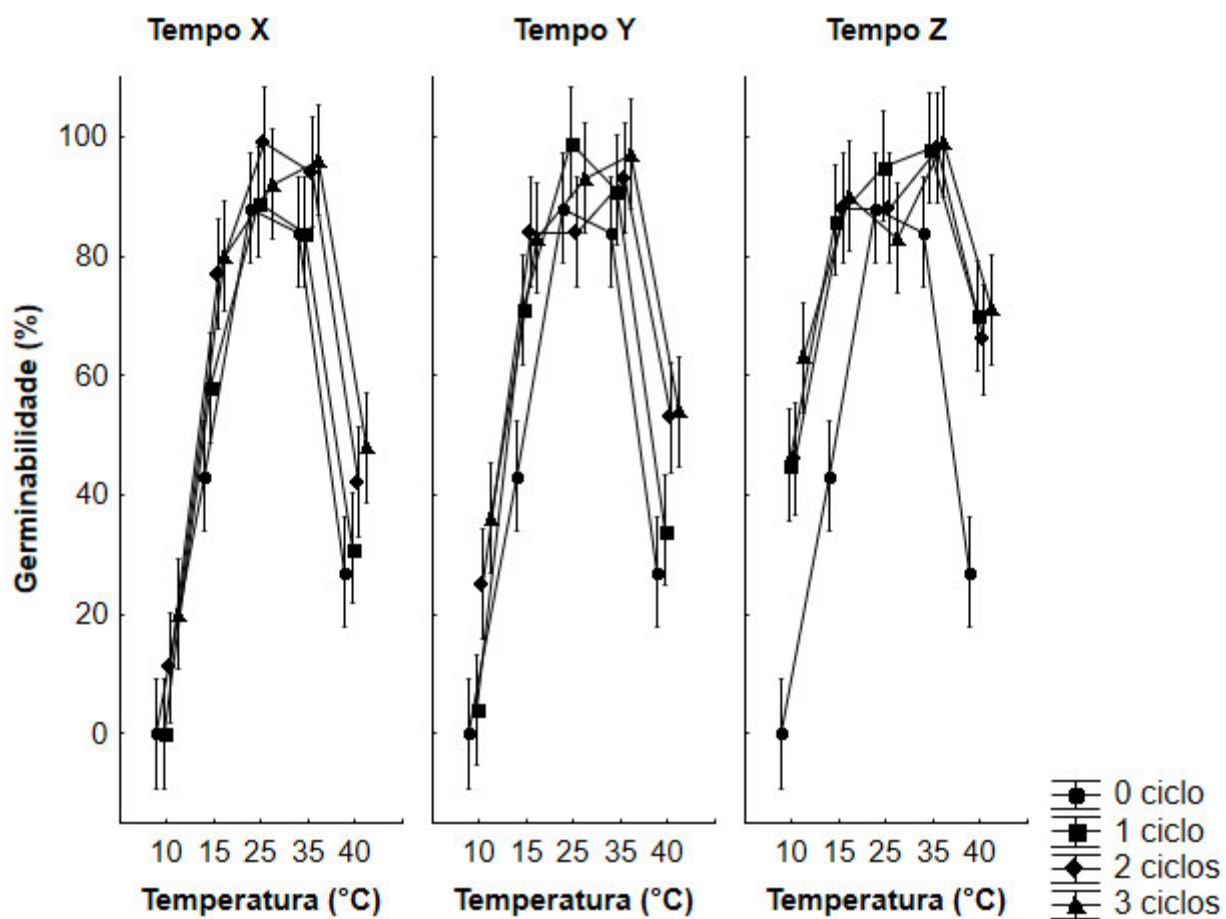


Figura 16. Germinabilidade (%) de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (HD) nos tempos X, Y e Z e foram submetidas a estresse térmico. Dados expressos em média \pm intervalo de confiança.